

00381
2ej.
3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESTUDIO ECOFISIOLOGICO
DEL LANGOSTINO GIGANTE

macrobrachium rosenbergii

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A

M. en. C. FERNANDO DIAZ HERRERA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1989



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	PAGINAS
AGRADECIMIENTOS	I
RESUMEN	1
INTRODUCCION GENERAL	3
DETERMINACION DEL PREFERENDUM FINAL DE TEMPERATURA DE POSTLARVAS Y JUVENILES DEL LANGOSTINO GIGANTE <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	5
MATERIAL Y METODOS	8
RESULTADOS	12
DISCUSION	14
TABLA	20
FIGURAS	21
EFECTO DE DOS DIETAS SOBRE EL BALANCE ENERGETICO DE POSTLARVAS Y JUVENILES DEL LANGOSTINO GIGANTE <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	30
MATERIAL Y METODOS	33
RESULTADOS	40
DISCUSION	43
TABLAS	51
FIGURAS	60
EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE EL METABOLISMO RESPIRATORIO, EXCRECION NITROGENADA, OSMORREGULACION Y BALANCE ENERGETICO DE POSTLARVAS Y JUVENILES DE <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	64
MATERIAL Y METODOS	66
RESULTADOS	69
DISCUSION	72
TABLAS	78
FIGURAS	84
DISCUSION GENERAL	90
CONCLUSIONES	93
LITERATURA CITADA	95

RESUMEN

Se estudiaron algunos aspectos ecofisiológicos del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* determinándose el preferendum final de temperatura, el efecto de dos dietas sobre el balance energético y el efecto de la salinidad sobre el consumo de oxígeno, la excreción nitrogenada, la osmorregulación y el balance energético de las postlarvas y de los juveniles de *M. rosenbergii*.

El preferendum final de temperatura tanto para las postlarvas como para los juveniles se presentó dentro del intervalo de temperatura de 29 a 32°C que representó el 80% de las observaciones realizadas. El sustrato y la inanición no modificaron de manera significativa ($P > 0.05$) la preferencia térmica de ambos estadios. No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en el preferendum determinado para las postlarvas y los juveniles, mediante los métodos agudo y gravitacional optados para conocer el preferendum térmico. La temperatura óptima de crecimiento para ambos estadios del langostino, coincidió con el preferendum final en un intervalo de 29 a 31°C.

Las dietas Chow Trucha Purina y Bovilac Langostino ejercieron un efecto calorigénico sobre el consumo de oxígeno de las postlarvas y de los juveniles y fue mayor para la dieta Purina. La asimilación y la eficiencia de asimilación que se determinó en ambos estadios fue mayor para aquellos organismos que fueron alimentados con Purina. El campo de crecimiento calculado para las postlarvas y los juveniles del langostino fue también mayor para aquellos alimentados con Purina, la misma tendencia mostraron los índices de utilización de la energía consumida o asimilada para el crecimiento K_1 y K_2 . Se

estimo el tipo de sustrato metabólico utilizado durante el periodo experimental, tanto por las postlarvas como por los juveniles alimentados con ambas dietas y se calcularon los siguientes indices metabólicos, cociente respiratorio, relación atómica O:N y la tasa de utilización del sustrato metabólico; los resultados indicaron que el sustrato que fue catabolizado en mayor proporción por ambos estadios, alimentados con Bovilac y Purina fueron los carbohidratos.

En relación al efecto de la salinidad sobre el consumo de oxígeno y la excreción nitrogenada investigadas en las postlarvas y en los juveniles, tuvieron un incremento significativo ($P < 0.05$) en el intervalo de salinidades de 0 a 4^o/oo y en altas salinidades se mantuvo constante. La relación atómica O:N para ambos estadios sugiere que hubo un cambio en el sustrato metabólico utilizado de carbohidratos-lípidos a proteínas en la medida en que se incrementó la salinidad. El patrón de osmorregulación de las postlarvas y los juveniles del langostino fue similar y de mantuvo hiper-osmótico en bajas e hiper-osmoconformando en altas salinidades. La salinidad afectó de manera significativa el campo de crecimiento y los indices de crecimiento K_1 y K_2 a ambos estadios ya que las salinidades de 4 a 20^o/oo redujeron de manera considerable la potencialidad de crecimiento de los organismos.

INTRODUCCION GENERAL

Para entender el potencial ecológico y económico de los crustáceos decápodos es necesario comprender la interacción entre las respuestas fisiológicas y su ambiente.

La ecofisiología esta relacionada con el entendimiento de los mecanismos básicos de las respuestas de los crustáceos al medio complejo que los rodea, e intenta interpretar los mecanismos fisiológicos en terminos de su significado adaptativo, ecológico y acuicultural.

Actualmente se cultivan varias especies de crustáceos, sin embargo el langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) es una de las especies dulceacuicolas de mayor importancia económica en el mundo y en México tiene un gran potencial para la acuicultura comercial a gran escala, ya que los atributos favorables para el cultivo de estos organismos incluyen una reproducción exitosa en cautiverio, una buena tasa de crecimiento y sobrevivencia, una gran aceptabilidad al el consumo humano, así como un alto valor comercial (Goodwin y Hanson, 1975; Balaz y Ross, 1976).

El langostino malayo *M. rosenbergii* nativo de la región del Indopacífico, es un migrador activo entre los habitat de aguas salobres y aguas dulces. Las hembras se desplazan a los sistemas lagunares-estuarinos para la eclosión de las larvas. Después de la metamorfosis las postlarvas se dirigen al agua dulce donde completan su desarrollo. Para la migración se han sugerido como estímulos cambios en la temperatura y la salinidad (John, 1957; Ling, 1969; Sandifer et al., 1975).

Las respuestas de los crustáceos a los factores ambientales son afectadas tanto por factores intrínsecos como la edad, el tamaño corporal, el sexo y otros como también por factores

extrínsecos tales como la salinidad, la temperatura y la nutrición. Aunque la literatura sobre la fisiología de los crustáceos es extensa, hay pocas investigaciones en crustáceos de importancia comercial al respecto de como se distribuye su balance energético, en diferentes estadios de su ciclo de vida por lo que los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes:

I) Determinar el preferendum final de temperatura de las postlarvas y de los juveniles del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii*.

II) Estudiar la influencia de dos dietas sobre el balance energético de las postlarvas y de los juveniles de *M. rosenbergii*.

III) Investigar el efecto de la salinidad sobre el consumo de oxígeno, la excreción nitrogenada, la osmorregulación y el balance energético de las postlarvas y juveniles de *M. rosenbergii*.

DETERMINACION DEL PREFERENDUM FINAL DE TEMPERATURA DE POSTLARVAS Y JUVENILES DEL LANGOSTINO GIGANTE

Macrobrachium rosenbergii

Ya que la temperatura es un factor directriz que influencia la biología y por ende la ecología de los organismos acuáticos, no es sorprendente que los animales móviles incluyendo a los crustáceos exhiban respuestas locomotoras a los estímulos térmicos, evitando las letales y prefiriendo temperaturas las cuales son probablemente óptimas para algunos aspectos fisiológicos. Dicho en un sentido ecológico preferir una temperatura y rehuir las extremas son aspectos inseparables del comportamiento termorregulador de los organismos acuáticos en condiciones naturales (Ferguson, 1958; Hall et al., 1978; Reynolds, 1977).

Los animales ectotermos cuando están sujetos a cambios de temperatura en el medio pueden termorregularse a través de mecanismos fisiológicos o de comportamiento que consiste en una actividad coordinada que da como resultado la preferencia de un ambiente de temperatura óptima. Muchos organismos poiquilotermos tienen un preferendum de temperatura cuando son colocados en un gradiente térmico (Vernberg y Vernberg, 1972; Prosser y Nelson, 1981).

En una revisión de los mecanismos del sistema nervioso y la adaptación a la temperatura de los animales ectotermos, se encontró que el comportamiento termorregulador está relacionado a funciones específicas del sistema nervioso (Prosser y Nelson, *op.cit.*).

El preferendum final de temperatura es una respuesta específica de una especie a un gradiente de temperatura, pero puede ser modificado por factores no térmicos como la edad,

disponibilidad de alimento, estacionalidad, condición patológica, calidad del agua, intensidad luminosa y competencia (Mc Cauley, 1977).

La temperatura seleccionada por un organismo puede reflejar óptimos térmicos de algunos procesos biológicos como la reproducción, el metabolismo, la velocidad de natación, el trabajo cardíaco máximo y otros y muy particularmente el crecimiento, el cual generalmente coincide con el preferendum final térmico (Crawshaw, 1977; Jobling, 1981; Kellog y Gift, 1983).

La relación específica que se ha determinado entre el comportamiento termorregulador y la temperatura óptima de varias funciones fisiológicas ha ayudado a que los acuicultores utilicen el preferendum final de temperatura como una guía de información para seleccionar sitios de cultivo, donde las temperaturas de crianza puedan favorecer un máximo crecimiento de los organismos (Mc Cauley y Casselman, 1981).

En este sentido también se han realizado estudios en los crustáceos decápodos como *Orconectes obscurus*, Hall et al., (1978); *Palaemonetes vulgaris*, Casterlin y Reynolds (1979); *Homarus americanus*, Reynolds y Casterlin, (1979a), *Penaeus duorarum*, Reynolds y Casterlin (1979b); *Panulirus argus*, Reynolds y Casterlin (1979c); *Palaemonetes kadiakensis*, Nelson y Hooper (1982); *Orconectes obscurus*, Mathur et al., (1982) y *Orconectes immunis*, Crawshaw (1983), con el propósito de entender la relación que tiene la temperatura con las actividades fisiológicas, bioquímicas, genéticas y ciclos de vida para conocer los intervalos en los cuales estas funciones son óptimas.

El sustrato puede tener una gran influencia sobre la elección de una preferencia térmica porque puede propiciar una forma de refugio a los organismos acuáticos o también como un

medio en el cual pueden regular su temperatura corporal (Mathur et al., 1982).

Por otra parte Prosser y Nelson (1981) y Crawshaw (1983) mencionan que la inanición puede modificar significativamente la temperatura en la cual el organismo realiza sus funciones con una máxima eficiencia; dependiendo de la especie, la temperatura preferida puede descender, incrementarse o no ser alterada.

La relación entre las temperaturas de aclimatación y las elegidas por los organismos proporcionan una base para estimar el preferendum final de temperatura. Este ha sido definido por Fry (1947) "como la temperatura alrededor de la cual todos los individuos de una especie dada pueden congregarse, sin considerar su experiencia previa térmica y la temperatura a la cual la temperatura preferida es igual a la temperatura de aclimatación". Esta definición bipartita ha dado origen a dos métodos independientes para determinar el preferendum final de los organismos, el método gravitacional y el agudo.

El comportamiento termorregulador en los crustáceos se ha determinado en estadios particulares del ciclo de vida y es poco lo que se conoce sobre la manera en que es afectado por el sustrato, la inanición, los diferentes estadios del ciclo de vida de los organismos y el método usado para investigarlo, por lo que los objetivos del presente trabajo serán:

- 1) Determinar si el sustrato y la inanición pueden modificar el preferendum final de temperatura de las postlarvas y los juveniles del langostino *Macrobrachium rosenbergii*.
- 2) Estudiar si el preferendum final de temperatura difiere entre las postlarvas y los juveniles.
- 3) Comparar si el preferendum final obtenido mediante el método agudo y el gravitacional de las postlarvas y de los juveniles del langostino se modifica.

4) Conocer si la temperatura óptima de crecimiento corresponde a la temperatura preferida elegida tanto para las postlarvas como para los juveniles de *M. rosenbergii*.

MATERIAL Y METODOS

Las postlarvas y los juveniles del langostino *Macrobrachium rosenbergii* utilizados en este estudio fueron capturados en centros de producción privados: Acuicultura S.A ubicado en San Rafael, Veracruz y en el Carrizal en Coyuca de Benitez, Guerrero.

Los organismos colectados fueron transportados en bolsas de polietileno con atmósfera saturada de oxígeno y en el laboratorio se mantuvieron durante dos semanas en un acuario de 3000 L el cual estuvo provisto de un filtro biológico, con aireación constante y a la temperatura registrada durante la colecta de $29 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Después de este periodo de adaptación las postlarvas y los juveniles fueron sometidos a un periodo de aclimatación térmica, durante cuatro semanas en acuarios de 60 L provistos de aireación constante y a una densidad de cinco organismos/ m^2/L . El intervalo de peso de las postlarvas usadas fue de 0.01 a 0.08g y de los juveniles de 0.40 a 1.40g. Las temperaturas de aclimatación utilizadas fueron 20, 25 y $30 \pm 1^{\circ}\text{C}$, que se mantuvieron con calentadores regulables de inmersión de 75 y 100 watts. Para cada condición experimental se hicieron tres repeticiones. Los organismos se alimentaron diariamente durante dos horas (*ad libitum* con Chow Trucha Purina) después de las cuales el alimento remanente se retiro mediante un sifón y el agua en los acuarios experimentales se renovó. El fotoperiodo se mantuvo en 12 h

luz- 12 h oscuridad durante toda la fase experimental.

Para esta investigación se utilizó un gradiente de temperatura horizontal, el cual consistió de un tubo de asbesto de 2.40 m de largo y 0.20 m de diámetro con una hendidura en forma de canal, recubierto en su parte interna con plástico líquido SYLPIL 100. La canal superior se dividió en doce segmentos de igual longitud. En cada extremo del tubo se separó un compartimento con una malla para impedir el contacto de los organismos con una resistencia sumergible de 500 watts y con un serpentín de cobre recubierto con pintura epoxica el cual estuvo conectado a un termorregulador FORMA SCIENTIFIC $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ (Fig.1).

El tubo se llenó con agua desclorada a una profundidad de ocho a nueve cm y en cada segmento se colocó una piedra de aireación la cual se conectó al sistema de distribución de aire para evitar una estratificación de la temperatura en la columna de agua y para mantener una concentración de oxígeno disuelto de 4.5 a 5.2 mg/L. El gradiente térmico que se formó fue de un intervalo de 18° a 38°C . Las temperaturas en cada uno de los segmentos se midieron con termómetros TAYLOR $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ de precisión, espaciados equidistantemente a lo largo del tubo (Fig.1).

Las condiciones experimentales tanto para las postlarvas como para los juveniles, fueron:

- I) Recien alimentados en presencia y ausencia de sustrato.
- II) Mantenidos durante 48 h en inanición en presencia y en ausencia de sustrato.

Para cada condición experimental se realizaron tres repeticiones utilizando diez organismos en cada una de ellas, el sustrato utilizado fue grava silicea de grano fino.

La tasa de incremento de peso por día de las postlarvas y de los juveniles a cada temperatura de aclimatación, se determinó

pesando a los organismos en una balanza de plato OHAUS \pm 0.01g al inicio y final de los experimentos. Dicha tasa se calculó considerando un periodo experimental de 30 días y se expresó en miligramos por día.

Las postlarvas y los juveniles del langostino generalmente diez del mismos paso, fueron introducidos al sistema experimental una vez que se formó el gradiente, en la región donde hubiera la misma temperatura de aclimatación de donde provenían. Antes de iniciar el registro de los datos, los organismos permanecieron durante una hora en el gradiente con el objeto de disminuir el estrés producido por la manipulación.

Los métodos utilizados para la determinación del preferendum final de temperatura de ambos estadios del langostino fueron el método agudo y el gravitacional:

El método agudo consistió en realizar 40 observaciones durante 200 minutos del número de organismos que ocupaban un compartimento en particular del gradiente térmico a través de ventanillas localizadas encima del sistema experimental para no perturbarlos. Cada experimento se terminó cuando el 70% de los especímenes prefirieron un intervalo de temperatura (1 - 2°C) durante cinco observaciones seguidas.

Los datos del preferendum agudo de temperatura se procesaron mediante en Analisis Exploratorio de Datos (Tuckey, 1977). Se calculó la mediana (M) como medida de tendencia central resistente y también se empleó la técnica de suavización (4253H) con el programa de computo de Valleman y Hoaglin (1981). Con los datos de las medianas suavizadas se construyeron las cajas en paralelo (Tuckey, *op.cit.*) y los elementos para su conformación de las cajas en paralelo se obtuvieron del diagrama de letras proporcionado por el programa de computo mencionado.

Del 100% de los datos obtenidos en el preferendum agudo, 50%

quedaron comprendidos en el interior de la caja entre el cuartil inferior (H_i) y el superior (H_s), el otro 50% se repartió entre las cotas superior (C_s) y cota inferior (C_i). El intervalo de confianza (I_c) de la mediana al 95% de confianza se calculó a partir de la fórmula:

$$I_c = M \pm 1.58 (\Delta H / \sqrt{n})$$

donde 1.58 es una constante, ΔH es la diferencia entre H_s y H_i y \sqrt{n} es la raíz cuadrada del número de datos.

Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas, cuando los intervalos de confianza de las medianas ($\alpha = 0.05$) tuvieron traslape.

El método gravitacional para determinar el preferendum final de temperatura, consistió en registrar la temperatura del gradiente donde se localizaban los organismos en observaciones que se llevaron a cabo cada dos horas durante un periodo de 24 horas.

Para determinar si hubo diferencias entre el preferendum de temperatura diurno y nocturno, se realizó la prueba de "Student t" (Zar, 1974) y dado que no se encontraron diferencias significativas en todo el ciclo ($P > 0.05$), los datos se agruparon y se construyeron histogramas de la densidad de frecuencia relativa de las temperaturas más frecuentes que ocuparon los organismos. La normalización de la información se hizo con la prueba de "Z" (Snedecor y Cockran, 1984). El sesgo de la distribución normalizada se determinó mediante el Coeficiente de Pearson (media - moda/desviación estándar). Otras medidas de tendencia central determinadas fueron la Moda, y la Media (Zar, *op.cit.*).

Para determinar si el sustrato y la inanición tuvieron un efecto sobre el preferendum final de temperatura de las postlarvas y de los juveniles, se hizo un análisis de varianza de una vía. Para contrastar si el método usado y los dos

estadios del ciclo de vida de los langostinos estudiados tuvieron un efecto sobre la temperatura preferida se realizó un análisis de varianza de dos vías (Zar, *op.cit.*).

RESULTADOS

Cuando se determinó el preferendum final de temperatura mediante el método agudo, se observó que tanto las postlarvas como los juveniles del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii*, eligieron temperaturas mayores que las de aclimatación en las que fueron mantenidos previamente. La diferencia entre las temperaturas de aclimatación y la preferencia térmica disminuyó conforme la temperatura de aclimatación se incremento. En la temperatura de aclimatación de 20°C ambos estadios prefirieron un intervalo de 26 - 28°C, los organismos mantenidos a 25°C seleccionaron un intervalo de 28 - 29°C. La mayor temperatura preferida por los langostinos fue de 30 - 31°C por aquellos animales que fueron aclimatados a 30°C, por lo tanto el preferendum térmico obtenido para ambos estadios mediante este método fue de 30 - 31°C (Figs. 2 a 5).

Los resultados obtenidos mediante el método gravitacional mostraron que las distribuciones de las densidades de frecuencias relativas de las temperaturas ocupadas por ambos estadios del langostino fueron un intervalo de 21 - 36°C, con una media de 30.6°C, una moda de 31°C, el sesgo de esta distribución cuantificado como el coeficiente de Pearson fue de -0.13 para las postlarvas, en tanto que para los juveniles se obtuvo una media de 29.4°C, una moda de 29.0°C y esta distribución de un sesgo de 0.08. Dado que estos intervalos de temperatura representarán aproximadamente el 90% de las observaciones realizadas, la moda fue la medida de tendencia

central que mejor representó la preferencia modal térmica de ambos estadios, con un intervalo de 29 - 31°C (Figs. 6 a 9).

En relación al efecto del sustrato y la inanición sobre la preferencia térmica obtenida para las postlarvas y los juveniles, fue de un intervalo de 29 - 32°C y 29 - 31°C respectivamente, no encontrándose diferencias significativas ($P > 0.05$) en el preferendum final de temperatura determinado en presencia y ausencia de sustrato, así como el de aquellos alimentados y los mantenidos en inanición durante 48 hrs (Figs. 2 a 5).

Al compararse mediante un ANVA de dos vías la preferencia térmica obtenida para ambos estadios, mediante los métodos agudo y gravitacional, se ubicó en un intervalo de 29 - 32°C para postlarvas y juveniles del langostino, no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en todas las condiciones experimentales utilizadas. La determinación del preferendum final en ambos estadios mostró que este no fue estadísticamente diferente ($P > 0.05$) señalaron una preferencia térmica modal de 29 - 32°C (Figs. 2 a 9).

El efecto de las temperaturas de aclimatación sobre el crecimiento de los organismos se muestra en la tabla I. Los resultados se presentan en crecimiento relativo para ambos estadios del langostino los cuales fueron aclimatados a 20, 25 y 30 ± 1°C. La tasa de crecimiento a esas temperaturas fue de 4.09, 9.23 y 11.51 para las postlarvas y de 6.44, 11.84 y 14.41 mg/día para los juveniles respectivamente. Las diferencias detectadas en las tasas de crecimiento y en las diferentes temperaturas de aclimatación fueron significativas ($P < 0.05$). Para ambos estadios la temperatura óptima de crecimiento sucedió en un intervalo de 29 - 31°C, la cual coincidió con el preferendum final de temperatura determinado para las postlarvas y los juveniles en todas las condiciones

experimentales utilizadas (29 - 32°C) (Tabla I).

DISCUSION

Cuando en el ambiente natural ocurren una variedad de temperaturas formando un gradiente, los organismos móviles, como los crustáceos, tienden a congregarse en un intervalo estrecho de temperatura. Este comportamiento ha sido denominado preferencia térmica o comportamiento termorregulador, que puede ser en parte debida a las respuestas de los organismos de evitar temperaturas extremas.

El comportamiento termorregulador mostrado por las postlarvas y los juveniles del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* en todas las combinaciones experimentales probadas, indicó que los organismos en escasas ocasiones incursionaron en el gradiente donde había las temperaturas mayores de 36°C que está cercana a la letal superior (38 - 40°C) (Uno *et al.*, 1975; Farmanfarmanian y Moore, 1978). El comportamiento evasivo a las temperaturas extremas superiores, no es sorprendente ya que el preferendum de muchas especies acuáticas incluyendo al langostino está más cercano al límite letal superior, ya que este límite está regulado de manera más precisa por los organismos (Kellog y Gift, 1983).

El 80% de los langostinos se mantuvieron activos en un intervalo termoneutral de 29 - 32°C. Este tipo de orientación térmica en el cual tanto las postlarvas como los juveniles del langostino se congregaron en una banda estrecha de temperatura ha sido denominado ortotermoquinesis (Fraenkel y Gunn, 1961). Este intervalo puede ser considerado como el preferendum final para ambos estadios del langostino y dado que este no es un punto fijo en una escala térmica, es más realista considerar al preferendum final de los langostinos como una zona

de preferencia térmica, propia de la variabilidad de los organismos (Jobling, 1981).

El sesgo que se determinó mediante el coeficiente de Pearson para las curvas de distribución de frecuencia relativa de las temperaturas elegidas por las postlarvas y los juveniles, fue tanto positivo como negativo (0.08 a - 0.13) y puede ser interpretado como un efecto no lineal de la temperatura sobre el metabolismo de los langostinos o como el grado de curtosis de las curvas (De Witt, 1967; Reynolds y Casterlin, 1979d).

En crustáceos decapodos se han reportado resultados similares a los del comportamiento termorregulador de las postlarvas y de los juveniles del langostino sometidos a gradientes de temperatura, incluyendo estudios con el acocil *Orconectes immunis* el cual mostró una preferencia térmica de 18 a 22°C, evitando las temperaturas extremas (Crawshaw, 1974) de manera similar *Homarus americanus* selecciono temperaturas de 17°C disminuyendo su actividad a temperaturas mayores que *Penaeus duorarum*, *Panulirus argus*, *Palaemonetes vulgaris* se ajustaron a una de (27 a 30°C) (Reynolds y Casterlin, 1979b, c; Casterlin y Reynolds, 1979) *Palaemonetes hadiakensis* tuvo un intervalo de 29 - 31°C (Nelson y Hooper, 1982) y en el cangrejo hermitaño *Clibanarius erythropus* prefirió temperaturas de 24 a 27°C (Warburg y Shuchman, 1984).

El mecanismo neural central de los crustáceos que controla las respuestas a la temperatura, no ha sido investigado a fondo sin embargo, existen evidencias del posible papel que desempeña el sistema nervioso sobre el comportamiento termorregulador, ya que se han aislado neuronas sensibles a la temperatura en el ganglio abdominal de los acociles (Kerkut y Taylor, 1958). La relativa simplicidad del sistema nervioso de los crustáceos, comparado con el de los vertebrados, es un elemento para desarrollar y entender el circuito neural que

controla las respuestas termorreguladoras de estos animales (Prosser y Nelson, 1981).

El sustrato no tuvo un efecto significativo sobre el preferendum de temperatura de las postlarvas y de los juveniles debido a que los langostinos, a diferencia de otros crustáceos, no utilizan el sustrato para enterrarse, sino que para alimentarse y realizar todas sus funciones biológicas, incluyendo la reproducción (Goodwin y Hanson, 1973). Los camarones peneidos, a diferencia de los langostinos utilizan el sustrato como un medio para enterrarse y así evitar los factores ambientales cuando éstos son adversos como la salinidad y la temperatura o bien al permanecer enterrados ahorran energía la cual posteriormente es destinada para el crecimiento (Lakshmi et al., 1976).

La inanición puede modificar el preferendum térmico; dependiendo de la especie puede descender, incrementarse o no ser afectado (Javaid y Anderson, 1967). Las postlarvas y los juveniles del langostino sometidos a inanición durante 48 h no mostraron diferencias significativas en el preferendum termico con respecto al obtenido para aquellos organismos que fueron alimentados. Resultados similares fueron reportados para *Orconectes immunis* en el cual un periodo de inanición de 40 días no mostró un efecto sobre el preferendum de temperatura parecido al determinado en organismos alimentados (Crawshaw, 1983).

Se ha reportado que periodos de inanición de cuatro y ocho días a los que fueron sometidos juveniles del langostino *Macrobrachium rosenbergii*, no modifican el metabolismo respiratorio por que el sustrato metabólico principal oxidado durante estos periodos de inanición fueron los carbohidratos, obtenidos de la glucosa que se encuentra en la hemolinfa, seguida por la movilización de glucogeno del musculo abdominal

y de otras reservas de polisacáridos.

Al determinarse en este experimento el preferendum final de temperatura de ambos estadios, los cuales fueron sometidos a inanición durante 48 h, no se vió alterado de manera significativa, esto se pudo deber a lo mencionado por Clifford y Brick (*op.cít.*) de que durante periodos de inanición prolongada al que sometieron a los langostinos, éstos utilizaron como fuente primaria de energía a los carbohidratos, en consecuencia tanto las postlarvas como los juveniles no modificaron su preferendum final, ya que al no haber un cambio en el sustrato metabólico debido a la inanición no se modificaron las demandas metabólicas de los organismos y estos no las compensaron eligiendo temperaturas menores, en contraste a lo propuesto por Brett (1971) en su hipótesis bioenergética.

El tamaño corporal, la edad o los diferentes estadios del ciclo de vida de los organismos sometidos a un gradiente térmico, pueden afectar la preferencia de temperatura (Mc Cauley, 1977). En las postlarvas y los juveniles de estos experimentos, se encontró que el preferendum (29 a 32°C) no fue diferente para ambos estadios. Estos resultados deben ser utilizados como una guía para optimizar las prácticas de cultivo de esta especie, ya que la infraestructura para cultivar y engordar postlarvas y juveniles puede ser la misma, con el consecuente ahorro de dinero, espacio e instalaciones que redundará en la optimización de la producción de *M. rosenbergii*.

Hay un interés teórico y experimental en comparar las temperaturas preferidas generadas con los métodos agudo y gravitacional basados en la definición bipartita de Fry (1947) del preferendum final. Al comparar las temperaturas modales preferidas obtenidas para las postlarvas por los métodos agudo

y gravitacional, se encontró que esta fue de 30.0°C y de 31.6°C y para los juveniles 30.0°C y 29°C respectivamente.

Resultados similares a los determinados en el langostino han sido reportados por Badenhuisen (1967) que al comparar los dos métodos para determinar el preferendum de temperatura de *Tilapia mossambica* registro de 30°C para el gravitacional y de 28.5°C para el agudo. Numerosos estudios sobre el preferendum final de temperatura en el pez de agallas azules *Lepomis macrochirus* usando el método gravitacional concluyeron un intervalo de 27.4 a 32.0°C (Beitinger, 1975; 1977), en tanto que con el método agudo se han reportado de 27.4 a 32.8°C (Cherry *et al.*, 1975; 1977). Al no haber diferencias significativas con los dos métodos usados, esto puede utilizarse en futuras investigaciones relativas al comportamiento termorregulador de los crustáceos de importancia comercial, ya que el nivel de precisión experimental obtenido con ambos métodos permite concluir que, se puede utilizar el método que mejor se adapte a las condiciones experimentales en las que se lleven a cabo las investigaciones y a las especies en que se determine.

En el presente trabajo se demostró la relación entre el comportamiento termorregulador y la temperatura óptima para el crecimiento, para las postlarvas y los juveniles del langostino ya que el efecto de las temperaturas de aclimatación sobre el crecimiento se evaluó como tasa de crecimiento relativo en $\text{mg} \cdot \text{dia}^{-1}$. El crecimiento fue medido en términos de peso, por que integra más sensiblemente los efectos de la temperatura y por que el peso representa un censo mas completo de la población (Kellog y Gift, 1983). El crecimiento relativo por día para las postlarvas a 20, 25 y 30°C fue 4.09, 9.23 y 11.51 $\text{mg} \cdot \text{dia}^{-1}$ y para los juveniles fue de 6.44, 11.84 y 14.41 $\text{mg} \cdot \text{dia}^{-1}$. Las diferencias en las tasas de crecimiento fueron significativas.

Farmanfarmaian y Moore (1978) reportaron que con una aclimatación de 20, 25 y 30°C en juveniles de *M. rosenbergii* las tasas de crecimiento fueron de 0.015, 0.027 y 0.060 g * semana⁻¹.

Uno et al., (1975) determinaron los efectos de la temperatura sobre la actividad y la amplitud de la zona biocinética de *M. rosenbergii* a diferentes temperaturas de aclimatación y obtuvieron que para organismos aclimatados a las temperatura de 28 - 32.2°C dicha zona tuvo su mayor amplitud. Las temperaturas registradas en este trabajo para crecimiento relativo de postlarvas y juveniles, fueron mayores que los encontrados por Farmanfarmaian y Moore (1978) por lo que se puede concluir que la temperatura óptima para varias funciones fisiológicas, como reproducción, metabolismo, velocidad de natación y trabajo cardiaco máximo, particularmente el crecimiento, coincidio en el caso del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* con el preferendum de temperatura. Esta relación obtenida entre el comportamiento termorregulador y el óptimo térmico para crecimiento, deberá ser utilizado como un criterio preponderante y una guía para seleccionar lugares de crianza tanto para postlarvas como para juveniles del langostino, los cuales deberán tener un intervalo entre 28 a 32°C.

TABLA I.- RELACION ENTRE EL CRECIMIENTO, LAS TEMPERATURAS DE ACLIMATACION Y EL PREFERENDUM FINAL DE LAS POSTLARVAS Y LOS JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii*.

	TEMPERATURAS DE ACLIMATACION (°C)	DURACION DE LA ACLIMATACION (DIAS)	CRECIMIENTO EN PESO mg día ⁻¹	PREFERENDUM MODAL FINAL (°C)	(n)
P O S T L A R V A S	20	31	4.09 ± 0.4*		25
	25	30	9.23 ± 0.1*		30
	30	34	11.51 ± 0.9*	31.0	30
J U V E N I L E S	20	30	6.44 ± 0.3*		20
	25	30	11.84 ± 0.3*		30
	30	30	14.41 ± 0.8*	29.0	30

* DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN LA TASA DE CRECIMIENTO ENTRE 20, 25 y 30°C (P<0.05).

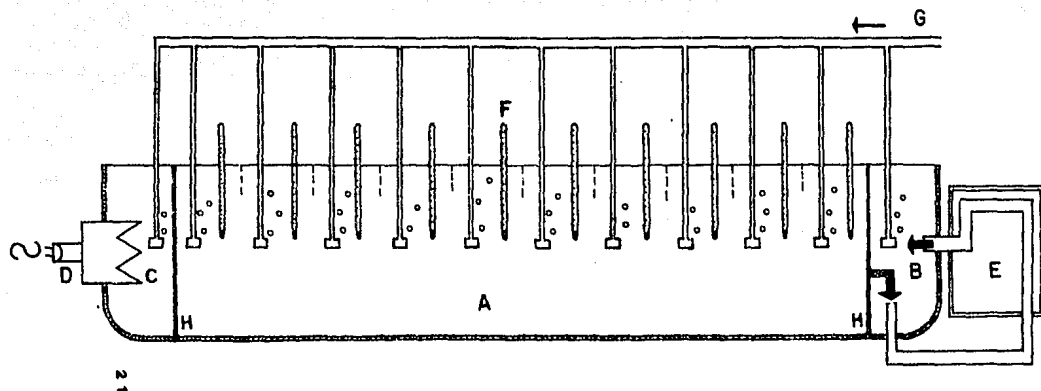


FIGURA 1.- ESQUEMA DEL GRADIENTE. A SEGMENTOS EXPERIMENTALES DEL GRADIENTE, B COMPARTIMENTO FRIO, C COMPARTIMENTO CALIENTE, D RESISTENCIA, E TERMORREGULADOR, F TERMOMETROS, G SISTEMA DE AIREACION, H MALLA. EL ESQUEMA NO ESTA HECHO A ESCALA.

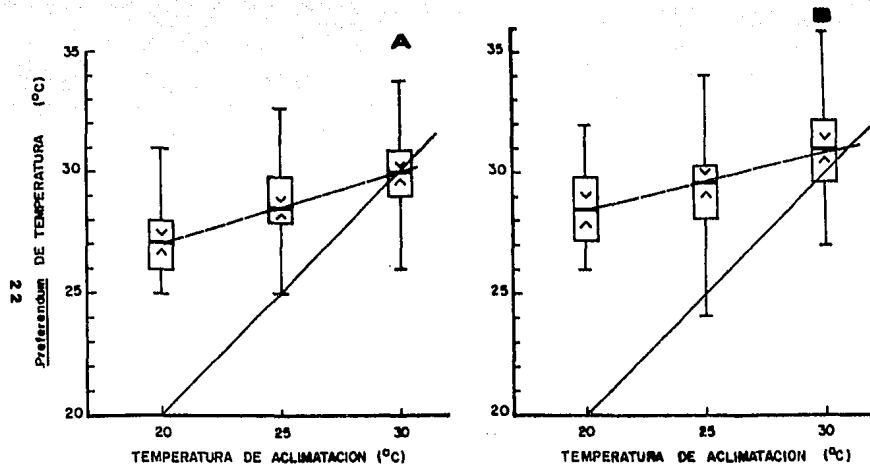


FIGURA 2.- RELACION ENTRE EL PREFERENDUM FINAL Y LAS TEMPERATURAS DE ACLIMATAACION DE POSTLARVAS DE *Macrobrachium rosenbergii* ALIMENTADAS: A) EN PRESENCIA Y B) EN AUSENCIA DE SUSTRATO.

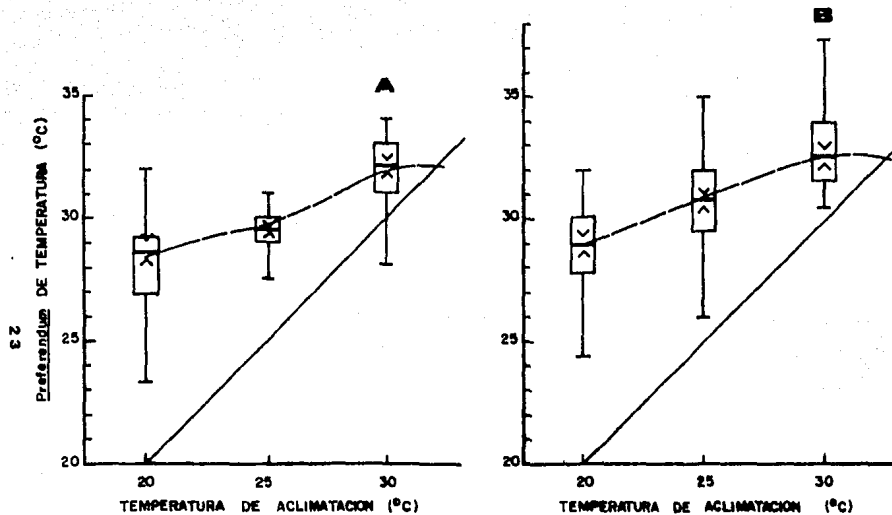


FIGURA 3.- RELACION ENTRE EL PREFERENDUM FINAL Y LAS TEMPERATURAS DE ACLIMATAACION DE POSTLARVAS DE *Macrobrachium rosenbergii* MANTENIDAS EN INANICION DURANTE 48 H : A) EN PRESENCIA Y B) AUSENCIA DE SUSTRATO.

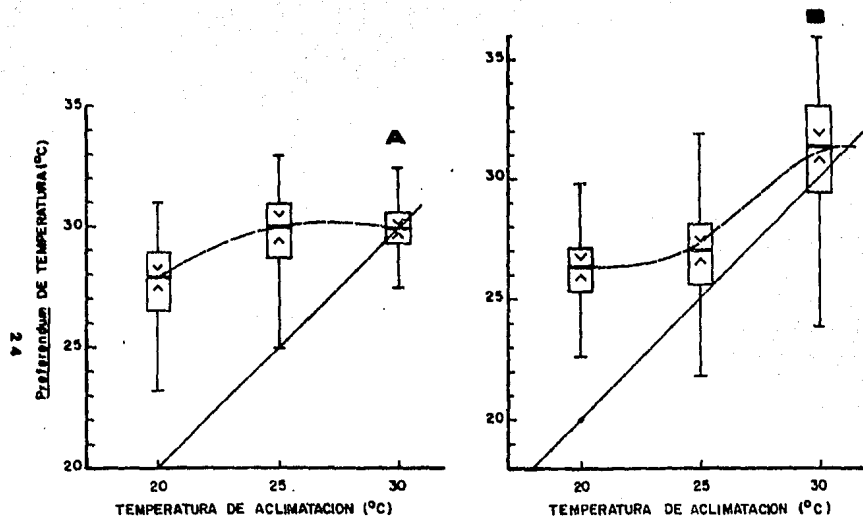


FIGURA 4.- RELACION ENTRE EL PREFERENDUM FINAL Y LAS TEMPERATURAS DE ACLIMATACION DE JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii* ALIMENTADOS: A) EN PRESENCIA Y B) AUSENCIA DE SUSTRATO.

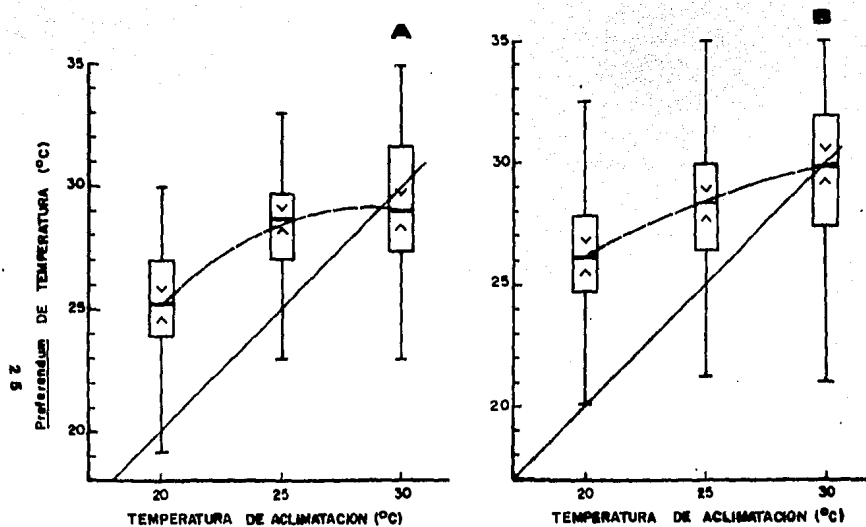


FIGURA 5.- RELACION ENTRE EL PREFERENDUM FINAL Y LAS TEMPERATURAS DE ACLIMATACION DE JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii* MANTENIDOS EN INANICION DURANTE 48 H: A) EN PRESENCIA Y B) AUSENCIA DE SUBSTRATO.

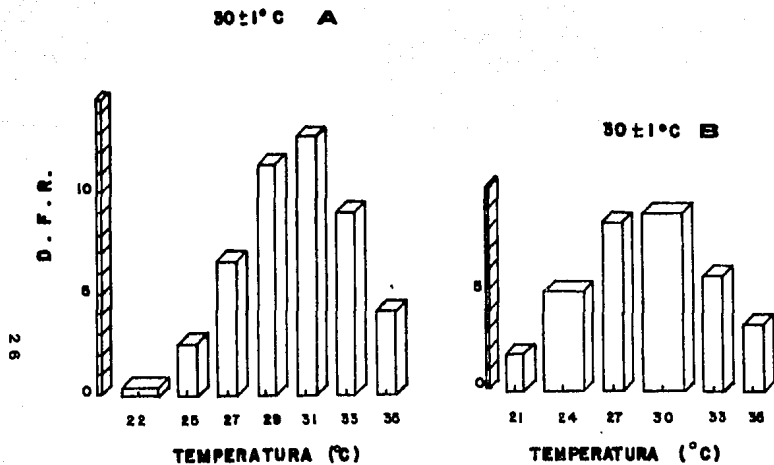


FIGURA 6.- DETERMINACION DEL PREFERENDUM FINAL DE TEMPERATURA DE LAS POSTLARVAS DE *Macrobrachium rosenbergii* ALIMENTADAS: A) EN PRESENCIA Y B) AUSENCIA DE SUSTRATO.

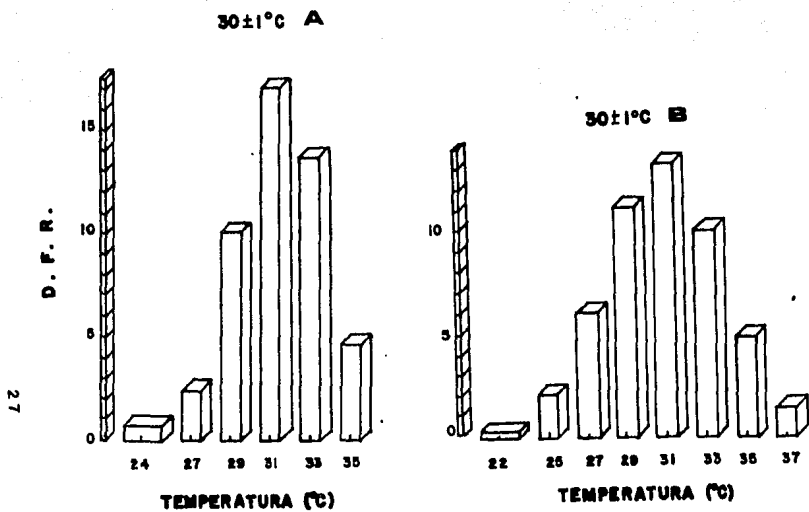


FIGURA 7.- DETERMINACION DEL PREFERENDUM FINAL DE TEMPERATURA DE LAS POSTLARVAS DE *Macrobrachium rosenbergii* MANTENIDAS EN INANICION DURANTE 48 H: A) EN PRESENCIA Y B) AUSENCIA DE SUSTRATO.

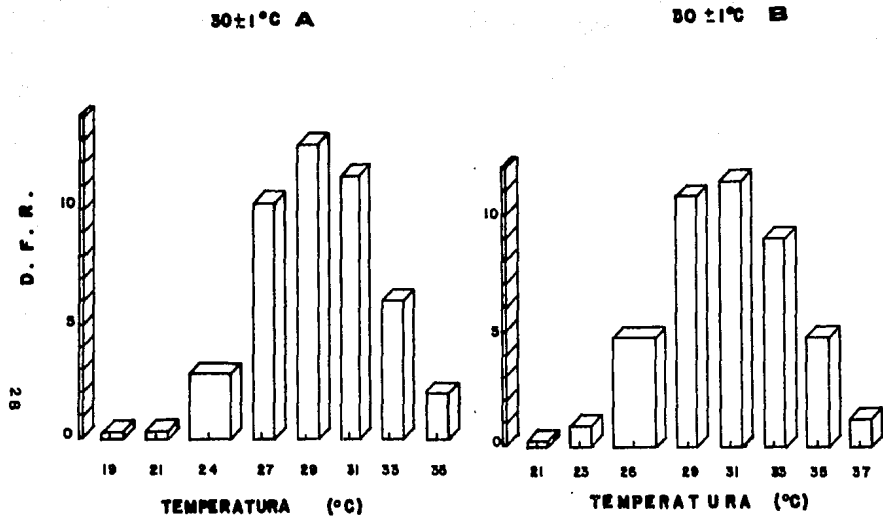


FIGURA 8.- DETERMINACION DEL PREFERENDUM FINAL DE TEMPERATURA DE JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii* ALIMENTADOS: A) EN PRESENCIA Y B) AUSENCIA DE SUSTRATO.

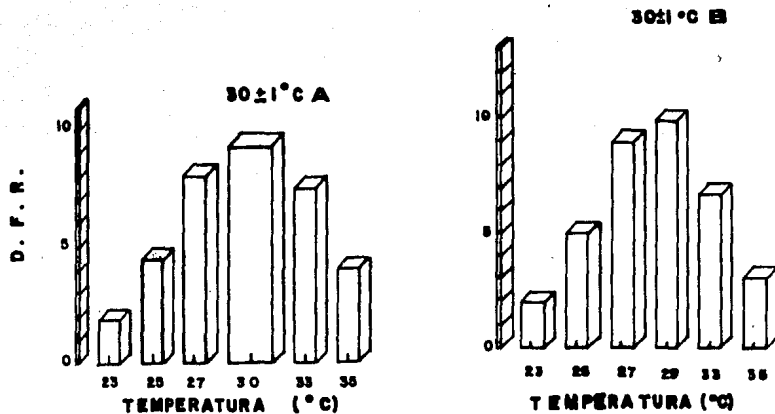


FIGURA 9.- DETERMINACION DEL PREFERENDUM FINAL DE TEMPERATURA DE JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii* MANTENIDOS EN INANICION DURANTE 48 H: A) EN PRESENCIA Y B) AUSENCIA DE SUSTRATO.

EFFECTO DE DOS DIETAS SOBRE EL BALANCE ENERGETICO DE POSTLARVAS Y JUVENILES DEL LANGOSTINO GIGANTE

Macrobrachium rosenbergii

Los balances energéticos y calóricos se han determinado para una variedad de especies acuáticas de diferentes niveles tróficos, incluyendo a consumidores primarios, depredadores y detritívoros. Muchos organismos no pueden incluirse en un solo nivel trófico ya que pueden funcionar en más de un nivel u ocupar diferentes categorías tróficas en los diferentes estadios de su ciclo de vida. Una de tales especies es el langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* la cual tiene gran importancia comercial, ya que ha sido introducida en muchos países del mundo para el cultivo y consumo humano en una gran variedad de esquemas acuiculturales (Ling, 1969; Nelson et al., 1977).

Clifford y Brick (1979) mencionan que el objetivo de los experimentos de crecimiento con crustáceos de interés comercial, debiera ser el aislamiento y la optimización de aquellos parametros ambientales como la temperatura, la salinidad y los nutricionales, los cuales tienen un efecto sinérgico, por que pueden incrementar la tasa de crecimiento de los animales cultivados.

En los organismos, el crecimiento representa la salida neta de energía; la entrada es la energía incorporada con el alimento ingerido. También es necesario considerar como salida, la energía que es utilizada en los procesos metabólicos y la pérdida en la producción de heces, por lo tanto el crecimiento puede ser utilizado como un integrador de los diferentes procesos fisiológicos que ocurren en el interior del organismo. Es posible medir esta salida neta como incremento o disminución de materia corporal, crecimiento bruto o como

cambios positivos o negativos en el "Campo de Crecimiento" de los crustáceos. En el balance energético del organismo, la diferencia entre la energía asimilada y la suma de gastos utilizada en respiración y excreción es denominada campo de crecimiento (Warren y Davis, 1967).

Para desarrollar dietas balanceadas que sirvan de alimento a los crustáceos de importancia comercial, el interés primordial de los acuicultores es el de promover el crecimiento de estos organismos, considerando la eficiencia de utilización de los componentes de la dieta. Generalmente se determinan dos tipos de eficiencias las cuales están relacionadas con la evaluación de dietas para organismos acuáticos, la eficiencia de asimilación la que es definida como la relación entre la cantidad de alimento ingerido y el asimilado y la eficiencia de crecimiento la cual es la relación entre el alimento asimilado y la energía utilizada para crecimiento (Nelson y Knight, 1977).

Los balances energéticos de las especies acuáticas pueden ser modificados por factores ambientales los cuales pueden cambiar la distribución del flujo de la energía de dichos balances.

El balance de energía de un organismo puede ser descrito al utilizar los términos propuestos por Klekowsky y Duncan (1975). Donde (C) es la energía ingerida en el alimento consumido. (R) es la utilizada para gastos metabólicos (Respiración, movimiento y otros). (F) es el contenido de energía de aquella parte del material ingerido que no fue digerido. (U) es el contenido de energía del material digerido que es eliminado del cuerpo como productos nitrogenados. (ADE) es la acción dinámica específica o incremento en la tasa metabólica debido a la digestión del alimento. (EX) la energía que es utilizada para la formación del exoesqueleto y (P) es la energía canalizada

hacia crecimiento.

El conocimiento de este balance de energía puede ayudar a comprender la situación de los crustáceos en los ecosistemas acuáticos y debe ser utilizado para construir modelos predictivos de crecimiento, además es un método útil para evaluar la influencia de diferentes dietas tanto en el laboratorio como en los sistemas de cultivo de estos organismos (Nelson et al., 1977 ; Dawirs, 1983).

En los crustáceos decápodos se han construido balances energéticos en larvas de *Menippe mercenaria* (Mootz y Epifanio) 1974) ; *Homarus americanus* (Logan y Epifanio, 1978) ; *Rithropanopeus harrisi* (Dawirs, 1983) y *Homarus americanus* (Sasaki et al., 1986) y en juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* (Nelson y Knight, 1977 ; Nelson et al., 1977 ; Clifford y Brick, 1979, 1983).

La identificación del tipo de sustrato metabólico utilizado por los organismos acuáticos generalmente se realiza mediante el análisis bioquímico de los tejidos pero esta información puede ser obtenida determinando los siguientes índices metabólicos, la relación atómica O:N, el cociente respiratorio (C.R.) y la tasa de utilización del sustrato metabólico (Snow y Williams, 1971; Clifford y Brick, 1983).

Si los aminoácidos resultantes del catabolismo de proteínas son deaminados totalmente y son excretados como amonio, se obtienen los valores mínimos de la relación O:N los cuales pueden variar desde < 7 a 9.3 lo cual sugiere un metabolismo exclusivamente de proteínas. Valores mayores de 24 indican un catabolismo de carbohidratos (Conover y Corner, 1968).

Si los carbohidratos son oxidados y todo el oxígeno forma dióxido de carbono se obtiene un cociente respiratorio de 1.0, cuando se catabolizan proteínas y lípidos los valores del C.R obtenidos son de 0.79 y 0.71, respectivamente (Wright y

Wright, 1976).

La tasa de utilización del sustrato metabólico describe cuantitativamente la mezcla de sustrato oxidado en términos absolutos de % de proteínas, % de lípidos y % de carbohidratos utilizados por los organismos (Clifford y Brick 1983).

No obstante la importancia económica del langostino y el consecuente interés en su tasa de crecimiento en condiciones de cultivo, poco se conoce como se distribuye su presupuesto de energía en diferentes condiciones ambientales y en diferentes estadios de su ciclo de vida, por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de dos dietas balanceadas comerciales "Bovilac Langostino y Chow Trucha Purina" sobre el balance energético, eficiencia de asimilación e índices de utilización del sustrato metabólico de las postlarvas y los juveniles del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii*.

MATERIAL Y METODOS

En el presente estudio se utilizaron organismos con un peso de 0.05 a 0.1 g para las postlarvas y 0.5 a 1.0 g de los juveniles del langostino *Macrobrachium rosenbergii*. El periodo experimental fue de 40 días para las postlarvas y 20 días para los juveniles, ambos estadios fueron mantenidos en acuarios de 70 L a una densidad de 5 organismos/m²/L y a 30 ± 1° C temperatura que ambos estadios prefirieron al gravitar en un gradiente horizontal de temperatura.

Tanto las postlarvas como los juveniles del langostino fueron alimentados con dos dietas balanceadas comerciales, las cuales difirieron en sus porcentajes de proteínas, lípidos y carbohidratos (Tabla I). Los alimentos fueron Bovilac Langostino y Chow Trucha Purina, administrados al 40% del peso

corporal de las postlarvas y al 10% para los juveniles durante el periodo experimental y que se realizó por triplicado

El periodo de alimentación para ambos estadios del langostino fue de dos horas, después de las cuales el alimento remanente fue retirado de los acuarios mediante un sifón, se etiquetó y se colocó en una estufa BLUE M a 60°C para secarlo hasta peso seco constante. Posteriormente se realizó el recambio de agua en cada uno de los acuarios experimentales.

Para determinar el contenido de materia orgánica de las dietas proporcionadas a los langostinos, se determinó el contenido de cenizas, incinerando en crisoles de porcelana muestras de dos gramos de cada alimento en una mufla SYBRON-THERMOLYNE 1500 a 500°C durante tres horas y por diferencia entre el peso seco y las cenizas se obtuvo el peso seco libre de cenizas (PSLC).

Se realizó el análisis bromatológico de los dos tipos de alimentos proporcionados a los langostinos, al inicio y final del periodo experimental. También se calculó el contenido calórico de los alimentos utilizados y de las heces producidas por los organismos en cada condición, así como también de las postlarvas y los juveniles del langostino tanto al inicio como al final de la fase experimental. Los análisis calóricos se hicieron en una bomba calorimétrica PARR utilizando tres réplicas para cada muestra. En las las postlarvas y juveniles del langostino alimentados con ambas dietas balanceadas se determinaron los siguientes parámetros fisiológicos: tasa de ingestión, eficiencia de asimilación, producción de heces, consumo de oxígeno, producción de CO₂ y excreción nitrogenada, de los cuales se obtuvieron sus valores en calorías día⁻¹ individuo⁻¹.

Debido a que en este estudio no fue posible coleccionar la cantidad suficiente de axuvias, para realizar los análisis

calóricos, no se determino el costo energético de este proceso y a que los organismos se encontraron en estadio de intermuda cuando se determinaron algunos de los parámetros de la ecuación del balance energético (EX). Sin embargo Nelson et al., (1977) reportaron que el gasto energético que se utiliza en el proceso de la muda es bajo (aproximadamente el 2%) el cual no modifica de manera significativa el balance energético por lo tanto se uso la siguiente ecuación.

$$C = R + F + U + ADE + P$$

La energía neta **P** conocida como campo de crecimiento está considerada como las diferencias entre el alimento ingerido **C** y la suma de la energía utilizada en el consumo de oxígeno, excreción nitrogenada, producción de heces y **ADE**, por lo tanto éste se calculó como :

$$P = C - (R + F + U + ADE)$$

El alimento ingerido por las postlarvas y los juveniles del langostino **C** se determinó mediante el método gravimétrico, el cual consistió en cuantificar la diferencia entre la cantidad de alimento proporcionado y la cantidad de alimento remanente. Debido a que hubo una cierta dilución del alimento proporcionado a los langostinos durante el periodo de alimentación (dos horas), se hicieron pruebas para determinar que proporción del alimento fue la que se diluyó, considerando el volumen de agua de los acuarios experimentales, la temperatura y con aireación normal. La dilución para Bovilac fue de 34.2% y para Purina de 31.8%, con éstos factores de corrección se estimó la tasa de ingestión y ésta se expresó como mg de alimento ingerido día⁻¹ individuo⁻¹ para ambos

estadios del langostino.

El consumo de oxígeno de las postlarvas y de los juveniles del langostino R se determinó con un respirómetro semiabierto provisto de cámaras respirométricas de 250 ml y se midió con un oxímetro YSI 54 ARC y un sensor polarográfico. En cada cámara respirométrica se colocó un organismo completando un total de 20 cámaras por cada condición experimental. Las mediciones del consumo de oxígeno se realizaron cada tres durante un periodo de 24 hrs. En cada periodo de tres hrs las cámaras respirométricas permanecieron abiertas (flujo continuo de agua) durante una hora, correspondiendo esto a la medición inicial de oxígeno disuelto en cada cámara y la final transcurridas las dos horas en que las cámaras permanecieron cerradas. Este método se uso con las postlarvas, pero con los juveniles del langostino las cámaras respirométricas permanecieron abiertas dos horas y solo una hora cerradas. El consumo de oxígeno (VO_2) de los organismos se determinó por la diferencia entre la concentración inicial y la final del gas y se expresó como QO_2 en $mg\ O_2\ consumido\ h^{-1}\ g^{-1}P.S$ y se convirtió a sus equivalentes calóricos utilizando el factor oxicalórico de $3.53\ cal\ mg^{-1}\ O_2\ consumido$, propuesto por (Elliot y Davison, 1975).

Simultáneamente a las determinaciones del consumo de oxígeno de ambos estadios del langostino, se llevaron a cabo mediciones de la producción de nitrógeno amoniacal U mediante la técnica del azul de indofenol (Rodier, 1981) que se expresaron como QNH_4 en $mg\ de\ NH_4\ producido\ h^{-1}\ g^{-1}P.S$ y se convirtieron a sus equivalentes calóricos usando el factor de $5.73\ cal\ mg^{-1}NH_4\ excretado$ (Clifford y Brick, 1979).

La estimación de la producción de CO_2 se realizó utilizando la ecuación reportada por Clifford y Brick (1983) $Q = 1.107\ W^{-0.454}$ tanto para postlarvas como para los juveniles del langostino alimentados con Bovilac y Purina, ya que no fue

posible realizar la determinación de este parametro experimentalmente y su expresion como QO_2 en mg de CO_2 h^{-1} g^{-1} P.S.

Aplicando los principios de la termoquímica respiratoria y de la calorimetría indirecta, se examinaron los siguientes indices metabólicos: cociente respiratorio CO_2 producido/ O_2 consumido (C.R), la relación atómica oxígeno/nitrogeno (O:N) y la tasa de utilización del sustrato metabólico, para estimar las cantidades relativas de carbohidratos, lípidos y proteínas oxidados por los langostinos durante el periodo experimental. Todos los indices metabólicos fueron determinados para las postlarvas y los juveniles, alimentados con ambas dietas y los mantenidos en inanición durante 48 h.

Para cuantificar las heces producidas por las postlarvas y los juveniles del langostino F estas se colectaron cada 24 h, antes de administrar el alimento y empleó una malla de 50 micras instalada en el extremo del sifón. Las muestras de heces fueron etiquetadas y secadas en una estufa BLUE M a $60^{\circ}C$ hasta peso seco constante, posteriormente fueron incineradas en crisoles de porcelana en una mufla SYBRON-THERMOLYNE 1500 durante tres horas para obtener el contenido de materia orgánica.

El efecto calorigénico de los alimentos proporcionados (ADE) se cuantificó a través del consumo de oxígeno de ambos estadios del langostino durante ciclos de 24 h en dos condiciones diferentes: alimentados con las dos dietas balanceadas y mantenidos en inanición durante 48 h.

Para la determinación de la Eficiencia de Asimilación de los dos estadios del ciclo de vida de los langostinos se usó

El Método de Conover modificado por Condrey et al. (1972).

$$U' = \frac{F' - E'}{(1 - E') F'} \times 100$$

donde:

$$F' = \frac{\text{PESO SECO LIBRE DE CENIZAS}}{\text{PESO SECO}} \text{ DEL ALIMENTO}$$

$$E' = \frac{\text{PESO SECO LIBRE DE CENIZAS}}{\text{PESO SECO}} \text{ DE LAS HECEC}$$

La asimilación A se calculó como el producto de la tasa de ingestión C por la Eficiencia de Asimilación U' :

$$A = C \times U'$$

Se calcularon los índices K_1 y K_2 tanto para las postlarvas como para los juveniles del langostino que se consideran como coeficientes cuantitativos de los cambios en la proporción de la energía consumida o asimilada, la cual es acumulada y utilizada para crecimiento:

$$K_1 = \frac{P}{C} \times 100 \quad K_2 = \frac{P}{A} \times 100$$

Los datos obtenidos cada tres horas durante los ciclos de 24 h de las mediciones del consumo de oxígeno y la excreción nitrogenada, tanto de las postlarvas como de los juveniles, se

relacionaron con su peso seco corporal con el fin de obtener los parámetros de la regresión lineal resistente (Tuckey, 1977; Mosteller y Tuckey, 1977; Curts, 1985).

Una vez obtenidas las rectas de regresión, se calcularon los valores esperados (Y_i) del consumo de oxígeno y de la excreción nitrogenada tanto de las postlarvas como de los juveniles del langostino, por la diferencia entre los valores observados (Y_i) y los residuos (E_i):

$$Y_i = Y_i - E_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

Los valores esperados así obtenidos, se sometieron luego a la prueba de suavización (Tuckey, 1977), con el fin de absorber los casos extremos, es decir atípicos. Se obtuvieron de esta manera los datos que mejor caracterizaron el comportamiento de las tasas fisiológicas cada tres horas durante los ciclos de 24 hrs para ambos estadios de desarrollo.

Los datos del consumo de oxígeno, respiración, producción de heces, la excreción nitrogenada y el campo de crecimiento de las postlarvas y de los juveniles, se organizaron en cajas en paralelo se identificó la mediana (M), para poder observar y describir el comportamiento de cada uno de los diferentes parámetros de la ecuación del balance energético (Tuckey, 1977).

Para determinar si las fases del fotoperiodo tuvieron un efecto sobre la tasa de consumo de oxígeno de las postlarvas y de los juveniles del langostino durante la fotofase y la escotofase mantenidas durante los experimentos, se aplicó la prueba de "t" student (Zar, 1974).

Para la cuantificación de los efectos de las dietas proporcionadas a los organismos sobre el ingestión de alimento, metabolismo respiratorio, producción de heces, excreción

nitrogenada, eficiencia de asimilación y campo de crecimiento de las postlarvas y los juveniles del langostino, se contrastaron mediante el análisis de varianza de una vía (Zar, op.cit.).

RESULTADOS

Las características iniciales de peso húmedo (PS), peso seco (PS), cenizas (C), peso seco libre de cenizas (PSLC) y el valor calórico de las postlarvas y de los juveniles del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* se muestran en las tabla II. Al observar los valores finales del PH, PS, C, PSLC y valor calórico tanto de las postlarvas como de los juveniles alimentados con Chow Trucha Purina tuvieron un aumento significativo de biomasa ($P < 0.05$) que los organismos alimentados con Bovilac langostino (Tabla II).

La función exponencial $Q = a W^b$ la cual describe la relación entre el peso seco corporal y las tasas metabólicas, consumo de oxígeno, excreción nitrogenada y producción de CO_2 de ambos estadios del langostino estudiados, fueron ajustadas utilizando la transformación logarítmica y la regresión lineal resistente. En la tabla III se presentan las ecuaciones del QO_2 , QNH_4 , y QCO_2 vs. el peso seco corporal de las postlarvas y de los juveniles del langostino, alimentados con ambas dietas y los mantenidos en inanición durante 48 h. Para las tres tasas metabólicas determinadas, el coeficiente (b) tuvo un intervalo de -0.323 a -0.951.

Al comparar los valores de la tasa metabólica tanto de las postlarvas como de los juveniles del langostino durante ambas fases del fotoperiodo, se ubicaron diferencias significativas entre el consumo de oxígeno de los langostinos ($P < 0.05$) que fueron de un 6% a un 15% mayor durante la escotofase que para

la fotofase en ambos estadios del langostino (Tabla VI).

La tasa de excreción nitrogenada cuantificada para las postlarvas y los juveniles alimentados con Bovilac y Purina tuvo un intervalo de 0.0375 a 0.0601 mg $\text{NH}_4 \times \text{g}^{-1}\text{P.S}$ producido y que fue diferente ($P < 0.05$) para los organismos alimentados con ambas dietas (Tabla V).

La tasa metabólica O_2 para ambos estadios del langostino antes y después de alimentarlos con las dietas se muestra en la tabla VI. Las dietas produjeron un efecto calorigénico sobre el metabolismo respiratorio de los organismos, ya que la ingestión de la dieta Purina causó un incremento del 6% de la tasa metabólica en las postlarvas, en tanto que para los juveniles ésta aumentó en un 31%, en cambio la dieta Bovilac causó un incremento del 2% al 24% de la tasa metabólica para ambos estadios del langostino respectivamente.

Se pudo observar que la tasa de ingestión de alimento fue mas alta ($P < 0.05$) para ambos estadios del langostino alimentados con Purina, siendo de un 40% para las postlarvas y de un 24% para los juveniles mayor para los organismos alimentados con Purina que con Bovilac.

La asimilación, la cual depende tanto la eficiencia de asimilación como de la cantidad de alimento ingerido fue 43% mas alta para las postlarvas y un 60% mayor para los juveniles alimentados con Purina que los alimentados con Bovilac ($P < 0.05$). (Tabla VII).

Los valores de la eficiencia de asimilación que se considera como el alimento asimilado del peso seco del material ingerido se presenta en la tabla VII y figuras 1 y 2 e indican que ambos estadios asimilaron la materia orgánica de las dos dietas proporcionadas. Las postlarvas y los juveniles que fueron alimentados con Purina tuvieron una eficiencia de asimilación 10% y 27% mayor ($P < 0.05$), que los alimentados con Bovilac.

Los esquemas de distribución del balance energético para las postlarvas y los juveniles del langostino alimentados con ambas dietas, se muestran en las figuras 3 y 4. La energía absorbida por las postlarvas para procesos metabólicos alimentadas con ambas dietas tuvieron el mismo nivel. En cambio, para los juveniles el consumo de oxígeno en relación al medido en las postlarvas disminuyó en un 50% .

La energía perdida a través de heces fue siempre mayor en los organismos que fueron alimentados con Bovilac, que para los alimentados con Purina ($P < 0.05$). De la energía asimilada, las pérdidas vía excreción fueron mayores en las postlarvas que fueron alimentadas con Purina, en cambio para los juveniles alimentados con ambas dietas las pérdidas fueron similares y éstas fueron mínimas comparadas con la energía asimilada, ya que comprendieron menos del 0.05% (Figs 3 y 4).

El efecto de la acción dinámica específica fue 200% mayor para las postlarvas que fueron alimentadas con Purina que las alimentadas con Bovilac. En los juveniles ésta siguió la misma tendencia que en las postlarvas y fue solamente 36% mayor para los organismos que fueron alimentados con Purina ($P < 0.05$).

El campo de crecimiento calculado fue 13 y 19% mayor para las postlarvas y los juveniles alimentados con Purina . Como pudo observarse, la potencialidad de crecimiento de los organismos a los cuales se les suministró Bovilac disminuyó con respecto a los que se les proporcionó Purina, sin embargo en ambos casos el campo de crecimiento fue positivo (Figs. 3 y 4).

Al determinarse los índices de utilización de la energía consumida o asimilada para el crecimiento K_1 y K_2 tanto en las postlarvas como en los juveniles, se observó que ambos índices fueron mayores para los organismos alimentados con Purina. Para las postlarvas alimentadas con esa dieta los valores del K_1 y K_2 fueron de 80 y 94% respectivamente; en el

caso de los juveniles los valores de los indices fueron 85% y 93% y fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) que los obtenidos para los organismos que fueron alimentados con Bovilac (Tabla VII).

El cociente respiratorio determinado en las postlarvas y en los juveniles alimentados y los mantenidos en inanición, tuvo un valor de 1.1 a 0.95 sin diferencias significativas ($P > 0.05$). Estos valores del cociente respiratorio indicaron que el principal sustrato oxidado por los langostinos fueron los carbohidratos.

En lo que respecta a la relación O:N cuantificada para las postlarvas y los juveniles del langostino alimentados y los mantenidos en inanición, se encontraron diferencias las cuales no fueron significativas. Los valores de esta relación de 29.81 a 46.3 indicaron que los organismos tuvieron un metabolismo no proteico basado principalmente en el catabolismo de los carbohidratos y de los lípidos en menor proporción (Tablas VIII y IX).

También se determinó la tasa de utilización del sustrato metabólico utilizado por ambos estadios del langostino, la cual describió cuantitativamente la mezcla de sustratos oxidados que para los organismos alimentados y los mantenidos en inanición durante 48 h, los carbohidratos fueron los que tuvieron el mayor porcentaje de oxidación (70% al 77%) seguidos de los lípidos con un 15% y las proteínas del 7 al 10% (Tablas VIII y IX).

DISCUSION

Los estudios con enfoque bioenergético que se realizan en crustáceos acuáticos de interés comercial, tienen por objetivo determinar la tasa de intercambio calórico entre el organismo y

su ambiente con la finalidad de optimizar aquellos factores ambientales que interactúan para incrementar la tasa de crecimiento de los animales cultivados.

La tasa metabólica por peso específico ($QO_2 \text{ mg } O_2 \times g^{-1} P.S$) de las postlarvas y de los juveniles del langostino *Macrobrachium rosenbergii* alimentadas con ambas dietas, se determinó mediante las ecuaciones mostradas en la tabla (III). Para estas relaciones los valores de b precisadas tuvieron un intervalo de -0.323 a -0.951 . Se han determinado valores de b similares a los reportados en este estudio en otros crustáceos decápodos; Dehnel (1960) reportó para dos especies de cangrejos de la playa valores de b con un intervalo de -0.333 a -0.678 ; para *Palaemonetes vulgaris* se indican de b de -0.24 a -0.51 (Mc Farland y Pickens, 1965); en juveniles de *M. rosenbergii* Nelson et al. (1977) determinaron -0.338 y Stephenson y Knight (1980) para larvas de la misma especie reportaron una b de -0.922 . Los valores de b para una determinada especie de crustáceo pueden ser modificadas por diversos factores y se ha mostrado que varía entre y dentro de una misma población y las variaciones se deben a que las especies pueden estar sometidas a diferentes regímenes ambientales y nutricionales, como sucedió en esta investigación, donde ambos estadios del langostino fueron alimentados con dos dietas diferentes, Bovilac y Purina.

La fase del fotoperíodo afectó la tasa metabólica tanto de las postlarvas como la de los juveniles del langostino, ya que ésta fue de un 6% a un 15% mayor durante la escotofase. Esto fue similar a lo reportado por Nelson et al. (1977) quienes señalan un incremento del 12% de la tasa metabólica de los juveniles del langostino durante la fase oscura del fotoperíodo. El hecho de que tanto las postlarvas como los juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* fueran metabólicamente

más activos durante la escotofase en este estudio, se debió a que se ha reportado que esta especie tuvo una gran actividad nadadora durante la escotofase y una mayor actividad caminadora-reptadora en la fotofase (Nakamura, 1975; Scudder et al., 1981). La relación entre la actividad locomotora y el fotoperiodo es de naturaleza circádica, lo que indicó que los langostinos tuvieron un comportamiento diurno en términos de actividad caminadora-reptadora y nocturnos en cuanto a actividad nadadora.

El incremento en la tasa metabólica de las postlarvas y los juveniles después de alimentarlos, se debió a que las dietas utilizadas ejercieron un efecto calorigénico el cual ha sido denominado Acción Dinámica Específica que fue mayor para los organismos alimentados con Purina que con Bovilac. Estos resultados fueron similares a los reportados por Nelson et al. (1977) para juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* que fueron alimentados con tres dietas, que incrementaron la tasa metabólica del 7.1% al 35%. Clifford y Brick (1978) señalan que el incremento en la acción dinámica específica de los juveniles del langostino, estuvo relacionado con el nivel de proteína en las dietas proporcionadas. En organismos recién alimentados de *Crangon franciscorum* se reportó un incremento en la tasa de consumo de oxígeno del 14% al 43% mayor que la de los animales que se mantuvieron en inanición (Nelson et al., 1985). El incremento en la tasa de consumo de oxígeno, la cual fue mayor para los langostinos alimentados con Purina, indica que fue el tipo de dieta y no la cantidad de alimento ingerido lo que causó el efecto calorigénico.

La determinación de la Acción Dinámica Específica es necesaria en los estudios bioenergéticos, ya que ayuda a comprender la relación entre las respuestas fisiológicas de los organismos y los tipos de dietas proporcionadas, por que puede

alterar la distribución de los balances energéticos de un organismo debido a que la mayor parte de la energía asimilada se utiliza en los procesos metabólicos.

Se ha determinado que la Acción Dinámica Específica en los organismos acuáticos, está relacionada al metabolismo de las proteínas y en especial a la desaminación de los amino-ácidos (Beanish, 1974; Clifford y Brick, 1978). El grado de desaminación de las proteínas puede ser reflejado en la tasa de producción nitrogenada y la tasa de excreción de amonio detectada en estos experimentos, para las postlarvas y los juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* alimentados con Bovilac y Purina, fue similar a la reportada para otros crustáceos acuáticos; en *Palaemonetes pugio* se reportó una tasa de excreción de amonio de $0.19 \text{ mg NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (Walsh, 1975), en juveniles del langostino Nelson et al. (1977) reportaron de la excreción nitrogenada en un intervalo de 0.01 a 0.09 $\text{mg NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$, en *Crangon franciscorum* la tasa promedio de excreción de amonio fue de 0.043 a 0.0239 $\text{mg NH}_4 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Nelson et al., 1979). Las diferencias que se encontraron en la tasa de excreción de amonio tanto en las postlarvas como en los juveniles del langostino estuvieron relacionadas con un catabolismo mayor de proteínas en aquellos que fueron alimentados con Purina.

La eficiencia de asimilación obtenida tanto para las postlarvas como para los juveniles del langostino fue mayor en los organismos alimentados con la dieta Purina. Se han reportado resultados similares para *Penaeus setiferus* y *P. aztecus* los cuales tuvieron una eficiencia de asimilación de 80% - 87% cuando fueron alimentados con tres dietas (Condrey et al., 1972). En *M. rosenbergii* también alimentados con tres dietas fue de 86.4% a 87.6% (Nelson et al., 1977) y para juveniles de la langosta *Homarus americanus* del 81% (Mootz y

Epifanio, 1971). En los juveniles y en los adultos del langostino malayo *Macrobrachium rosenbergii* se han realizado estudios en los cuales se determinaron los efectos de diferentes temperaturas y concentraciones de celulosa en la dieta, sobre la eficiencia de asimilación e ingestión de alimento, que fue del 77% al 96% (Fair et al., 1980 ; Newman et al., 1982).

Las diferencias observadas en los langostinos alimentados con las dos dietas y las reportadas para los crustáceos de importancia comercial, se deben a que la eficiencia de asimilación es un proceso altamente variable por que depende de la especie en la cual se determinó, el estadio del ciclo de vida de los organismos, del tipo y concentración del alimento proporcionado, de las condiciones ambientales en las cuales los animales fueron mantenidos y la más importante, el método mediante el cual se hizo la determinación.

Por otra parte, los valores del campo de crecimiento que se calcularon, esto es la potencialidad de crecimiento para las postlarvas y los juveniles que fueron alimentados con Bovilac y Purina, fue siempre mayor para los langostinos que ingirieron Purina. Estos resultados indican que esta dieta fue con la que los organismos tuvieron una mayor ingesta, por lo tanto una mayor eficiencia de asimilación y la que produjo menores gastos energéticos para que los organismos cubrieran sus requerimientos metabólicos tales como el consumo de oxígeno, la excreción nitrogenada y la acción dinámica específica, por lo que la energía remanente fue canalizada hacia el crecimiento. El hecho de que con la dieta Purina se obtuvo la mayor potencialidad de crecimiento tanto en las postlarvas como en los juveniles, se debió a que tuvo los nutrientes necesarios e indispensables para el desarrollo óptimo en condiciones de cultivo. Estos resultados obtenidos pueden asegurar que no se

requieran dos tipos diferentes de dietas específicas para cada estadio del ciclo de vida de los langostinos, sino que deberá utilizarse una dieta con los componentes nutricionales similares al de Purina o administrarse Chow Trucha Purina, lo cual tendrá como consecuencia una optimización de los cultivos, ya que se tendría controlada la calidad de la dieta.

En relación a los índices de utilización de la energía consumida o asimilada para crecimiento K_1 y K_2 , estos siempre fueron mayores para las postlarvas y los juveniles del langostino alimentados con Purina. Para larvas de *Metippe mercenaria*, *Rhithropanopeus harrissi* y *Carcinus maenas* se han reportado valores de K_1 entre 3.2% a 29.7% y para el K_2 entre 13.6% a 46.1% (Mootz y Epifanio, 1974; Lavine y Sulkin, 1979; Dawirs, 1983), en tanto que para los juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* y *Homarus americanus* se han encontrado valores de K_1 de 3.5% y 18% respectivamente (Nelson et al., 1977; Logan y Epifanio, 1978).

Welch (1968) ha demostrado que existe una relación inversa entre la eficiencia de asimilación y la eficiencia neta de crecimiento (K_2) y que la eficiencia bruta de crecimiento (K_1) tiene un intervalo de 15% a 35% en una variedad de consumidores acuáticos. Estos valores de K_1 y K_2 fueron menores a los reportados en este estudio para las postlarvas y los juveniles alimentados con ambas dietas y estas diferencias se pueden deber a que la dieta Purina, a diferencia de la Bovilac, fue la que proporcionó los requerimientos nutricionales óptimos para ambos estadios del langostino concatenado con el mantenimiento adecuado de los parámetros ambientales como la temperatura, que redujo los costos metabólicos de los organismos minimizándolos, por lo que la energía disponible fue canalizada para crecer.

Los índices de utilización del sustrato metabólico como el cociente respiratorio, la relación atómica O:N y la tasa de

sustrato metabólico para las postlarvas y los juveniles del langostino que fueron alimentados con Bovilac y Purina, así como para los organismos que se mantuvieron en inanición durante 48 h, revelaron que el principal sustrato oxidado durante el periodo experimental, fueron los carbohidratos, seguidos por los lípidos y las proteínas los cuales fueron utilizados como sustratos secundario y terciario respectivamente. La relación O:N en *Palaeomonetes varians* colectados durante el verano, fue de 34.2 y para las larvas de la langosta *Homarus americanus* esta varió de 22.1 a 26.7, lo que indica que estos animales tuvieron un metabolismo oxidativo no proteico basado principalmente en el catabolismo de los carbohidratos y de los lípidos (Snow y Williams, 1971; Capuzzo y Lancaster, 1979).

Un estudio sobre la fisiología nutricional de los juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* que fueron mantenidos en inanición durante cuatro y ocho días, se determinó que el metabolismo energético en esas condiciones experimentales, fue dominado por los carbohidratos, acompañado por un incremento en la oxidación de los lípidos y de las proteínas (Clifford y Brick, 1983).

Se ha señalado que el langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* utiliza como fuente primaria de energía a la glucosa la cual se encuentra circulando en la hemolinfa, seguida por la movilización del glucógeno del músculo abdominal y otras reservas de polisacáridos (Clifford y Brick *op.cit.*). Esto puede ayudar a explicar en este estudio la dominancia de los carbohidratos como la principal fuente energética utilizada tanto por las postlarvas como por los juveniles del langostino alimentados con Bovilac y Purina. Los valores referidos para estos índices metabólicos permiten concluir que ambas dietas probadas tuvieron un efecto positivo sobre el balance de energía de los langostinos, ya que el principal sustrato

oxidado fueron los carbohidratos, de lo cual se infiere que los organismos se encontraron durante todo el periodo experimental en estado estable fisiológico óptimo. Debido a que ambos estadios utilizaron los carbohidratos como el principal sustrato oxidado para cubrir sus requerimientos metabólicos, se puede concluir que el mayor porcentaje de las proteínas suministradas por la dieta Purina a través del alimento ingerido, fueron canalizadas hacia el crecimiento.

Por consiguiente se recomienda utilizar la dieta Chow Trucha Purina para ser usada en cultivos intensivos de postlarvas y juveniles del langostino gigante, ya que proporciona los nutrientes necesarios para que los organismos distribuyan un alto porcentaje de energía hacia crecimiento, lo cual redundará en una optimización de los cultivos.

TABLA I.- CONTENIDO PROXIMAL DE LOS ALIMENTOS BOVILAC Y PURINA
 PROPORCIONADOS A LAS POSTLARVAS Y A LOS JUVENILES DE
Macrobrachium rosenbergii.

ALIMENTO	CONTENIDO %				
	Proteína	Lípidos	Carbohidratos	Fibra	Cenizas
BOVILAC	37.58	8.56	26.44	9.51	17.92
PURINA	44.16	7.69	26.78	8.96	12.40

TABLA II- CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS DE LAS POSTLARVAS Y DE LOS JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii* AL INICIO I Y AL FINAL DE LOS DIFERENTES EXPERIMENTOS: ORGANISMOS ALIMENTADOS CON BOVILAC B Y CON PURINA P.

Características	POSTLARVAS			JUVENILES		
	I	B	P	I	B	P
Peso Húmedo,	0.100	0.301	0.417	0.601	0.958	1.087
Peso Seco, g	0.025	0.073	0.110	0.121	0.248	0.310
Cenizas, g	0.020	0.061	0.095	0.015	0.034	0.050
P B L C ^x , g	0.005	0.012	0.015	0.108	0.214	0.259
Valor Calórico ^{xx}	4.268	4.363	4.724	4.448	4.648	4.804

x Peso Seco Libre de Cenizas

xx cal/mg

**TABLA II.- CARACTERISTICAS DE LAS MUESTRAS DE LAS POSTLARVAS Y DE
 LOS JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii* AL INICIO I
 Y AL FINAL DE LOS DIFERENTES EXPERIMENTOS: ORGANISMOS
 ALIMENTADOS CON BOVILAC B Y CON PURINA P.**

Características	POSTLARVAS			JUVENILES		
	I	B	P	I	B	P
Peso Húmedo,	0.100	0.301	0.417	0.501	0.858	1.087
Peso Seco, g	0.025	0.073	0.110	0.121	0.248	0.310
Cenizas, g	0.020	0.081	0.095	0.015	0.034	0.050
P S L C ^x , g	0.005	0.012	0.015	0.108	0.214	0.258
Valor Calórico ^{xx}	4.268	4.383	4.724	4.448	4.648	4.804

^x Peso Seco Libre de Cenizas

^{xx} cal/mg

TABLA III.- PARAMETROS DE LAS RECTAS DE REGRESION ENTRE LAS TASAS FISIOLÓGICAS (T.F) Y EL PESO SECO CORPORAL (σ) DE LAS POSTLARVAS Y DE LOS JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii* ALIMENTADOS CON DOS DIETAS Y MANTENIDOS 48 H EN INANICION.

		Alimentados				Inanición				
		Bovilac		Purina		Bovilac		Purina		
		A	b	A	b	A	b	A	b	
53	BOVILAC	GO ₂	1.506	-0.688	1.368	-0.737	1.029	-0.951	1.114	-0.884
		GNH ₄	0.029	-0.420	0.046	-0.323	0.040	-0.444	0.028	-0.722
		GCO ₂	1.137	-0.452	1.137	-0.452	1.137	-0.452	1.137	-0.452
54	PURINA	GO ₂	1.285	-0.705	1.836	-0.345	1.272	-0.448	1.299	-0.494
		GNH ₄	0.041	-0.577	0.073	-0.873	0.034	-0.415	0.037	-0.852
		GCO ₂	1.137	-0.452	1.137	-0.452	1.137	-0.452	1.137	-0.452

TABLA IV.- CONSUMO DE OXIGENO (QO_2) DE LAS POSTLARVAS Y DE LOS JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii* ALIMENTADOS Y MANTENIDOS DURANTE 48 H EN INANICION. MEDIANA \pm INTERVALO DE CONFIANZA.

ESTADIO	ALIMENTO	QO_2 (mg $O_2/h \cdot g^{-1}$ PB)	QO_2 (mg $O_2/h \cdot g^{-1}$ PB)	INCREMENTO del QO_2
		Alimentados	Ayuno 48 h	Despues de Alimentados A D E (%)
P O S T L A R V A S	BOVILAC	3.29 \pm 0.10	3.23 \pm 0.16	2.0
	PURINA	3.17 \pm 0.10	2.99 \pm 0.09	6.0
J U V E N I L E S	BOVILAC	2.10 \pm 0.04	1.60 \pm 0.06	24.0
	PURINA	2.21 \pm 0.04	1.53 \pm 0.03	31.0

· TABLA V.- DETERMINACION DE LA EXCRECION NITROGENADA EN LAS
 POSTLARVAS Y EN LOS JUVENILES DE *Macrobrachium*
rosenbergii. MEDIANA \pm INTERVALO DE CONFIANZA.

ESTADIO	ALIMENTO	EXCRECION NITROGENADA mg NH ₄ h ⁻¹ g ⁻¹ PS
POSTLARVAS	BOVILAC	0.0479 \pm 0.008
	PURINA	0.0801 \pm 0.001
JUVENILES	BOVILAC	0.0375 \pm 0.009
	PURINA	0.0490 \pm 0.008

TABLA VI COMPARACION DEL CONSUMO DE OXIGENO DE POSTLARVAS Y JUVENILES DE Macrobrachium rosenbergii ENTRE LAS FASES DEL FOTOPERIODO. MEDIANA \pm INTERVALO DE CONFIANZA.

ESTADIO	DIETA	FASE DEL FOTOPERIODO	CONSUMO DE OXIGENO	
			mg O ₂ h ⁻¹	g ⁻¹ P.S
P O S T L A R V A S	BOVILAC	FOTOFASE	3.06 \pm 0.09	
		ESCOTOFASE	3.53 \pm 0.11	
	PURINA	FOTOFASE	3.01 \pm 0.09	
		ESCOTOFASE	3.18 \pm 0.12	
J U V E N I L E S	BOVILAC	FOTOFASE	2.04 \pm 0.04	
		ESCOTOFASE	2.17 \pm 0.05	
	PURINA	FOTOFASE	2.13 \pm 0.04	
		ESCOTOFASE	2.30 \pm 0.05	

TABLA VII- EFICIENCIAS DE ASIMILACION (U'): ASIMILACION (A mg
 $dia^{-1} individuo^{-1}$) Y EFICIENCIAS DE CRECIMIENTO K_1 Y K_2
 DE LAS POSTLARVAS Y DE LOS JUVENILES DE *Macrobrachium*
rosenbergii ALIMENTADOS CON BOVILAC (B) Y PURINA (P).

	POSTLARVAS		JUVENILES	
	B	P	B	P
U'	79.25	89.45	60.87	87.04
A	11.15	15.92	19.19	30.70
K_1	69.11	79.88	66.77	85.28
K_2	78.23	94.04	80.86	93.27

TABLA VIII.- COCIENTE RESPIRATORIO; RELACION ATOMICA O/N Y TASA
 DE UTILIZACION DEL SUSTRATO METABOLICO DETERMINADOS
 EN LAS POSTLARVAS DEL LANGOSTINO *Macrobrachium*
rosenbergii.

INDICE METABOLICO	P O S T L A R V A S			
	B O V I L A C		P U R I N A	
	Alimentados	Ayuno	Alimentados	Ayuno
COCIENTE RESPIRATORIO	1.00	1.00	0.95	1.00
RELACION ATOMICA O/N	46.82	36.10	33.57	29.81
TASA DE SUSTRATO METABOLICO	6.88 ^a : 18.74 ^b : 77.36 ^c	8.95 : 15.38 : 75.06	9.75 : 15.28 : 74.97	10.02 : 15.08 : 73.99

^a % Proteinas : ^b % Lipidos : ^c % Carbohidratos

TABLA IX.- COCIENTE RESPIRATORIO; RELACION ATOMICA O:N Y TASA DE
 UTILIZACION DEL SUSTRATO METABOLICO DETERMINADOS EN
 LOS JUVENILES DEL LANGOSTINO DE *Macrobrachium*
rosenbergii.

INDICE METABOLICO	J U V E N I L E S			
	B O V I L A C		P U R I N A	
	Alimentados	Ayuno	Alimentados	Ayuno
COCIENTE RESPIRATORIO	0.98	1.1.	0.95	0.98
RELACION ATOMICA O : N	36.83	40.30	25.50	22.79
TASA DE SUSTRATO METABOLICO	9.08 ^a : 15.39 ^b : 75.53 ^c		7.95: 15.58: 76.48	
			12.59: 14.79: 72.16	
			14.50: 15.11: 70.38	

55

% Proteína^a : % Lipidos^b : % Carbohidratos^c

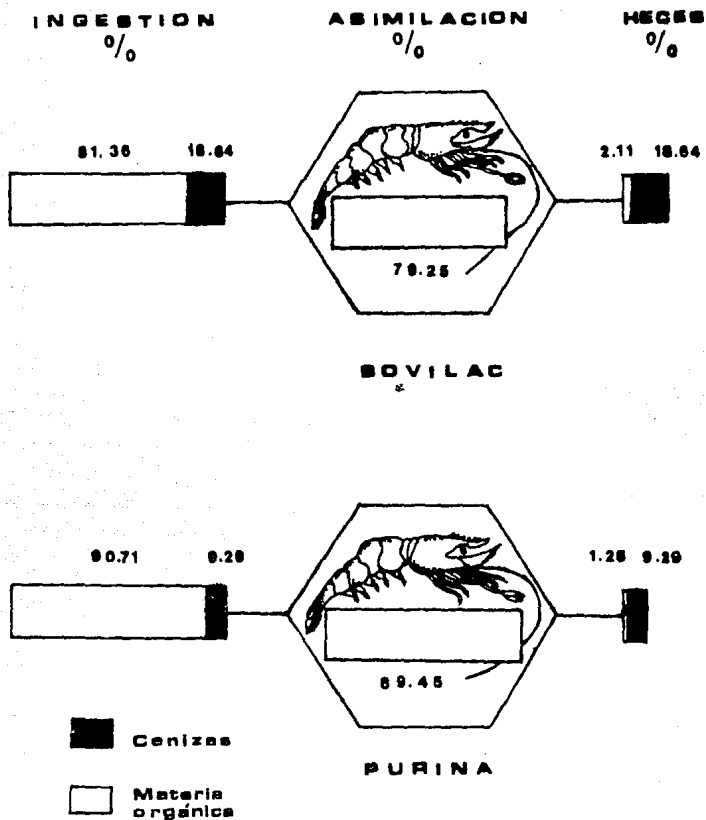


FIGURA 1- BALANCE DE MATERIA ORGANICA DE LAS POSTLARVAS DEL LANGOSTINO GIGANTE *Macrobrachium rosenbergii* ALIMENTADAS CON BOVILAC Y PURINA.

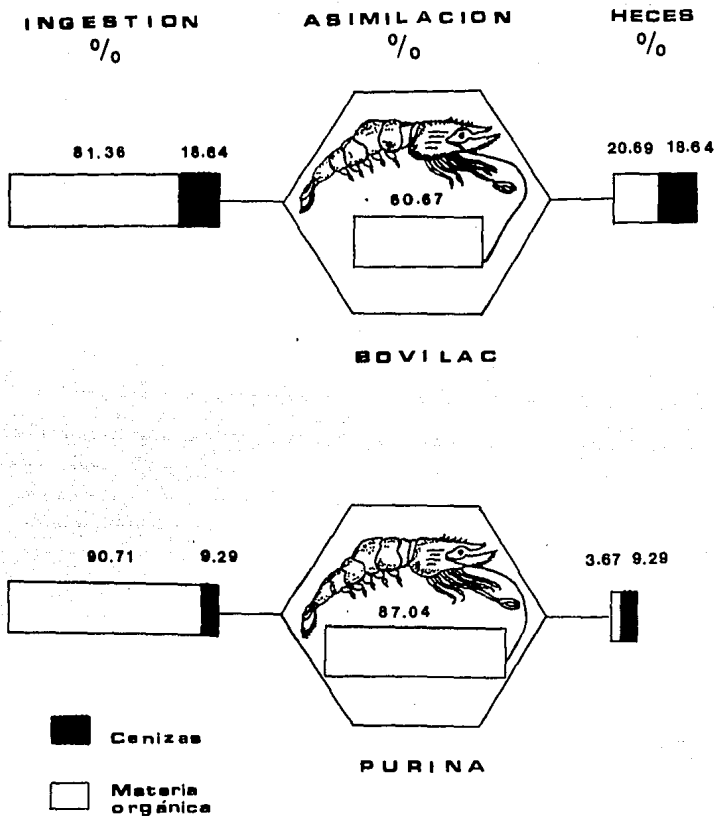


FIGURA 2.- BALANCE DE MATERIA ORGANICA DE LOS JUVENILES DEL LANGOSTINO GIGANTE *Macrobrachium rosenbergii* ALIMENTADOS CON BOVILAC Y PURINA.

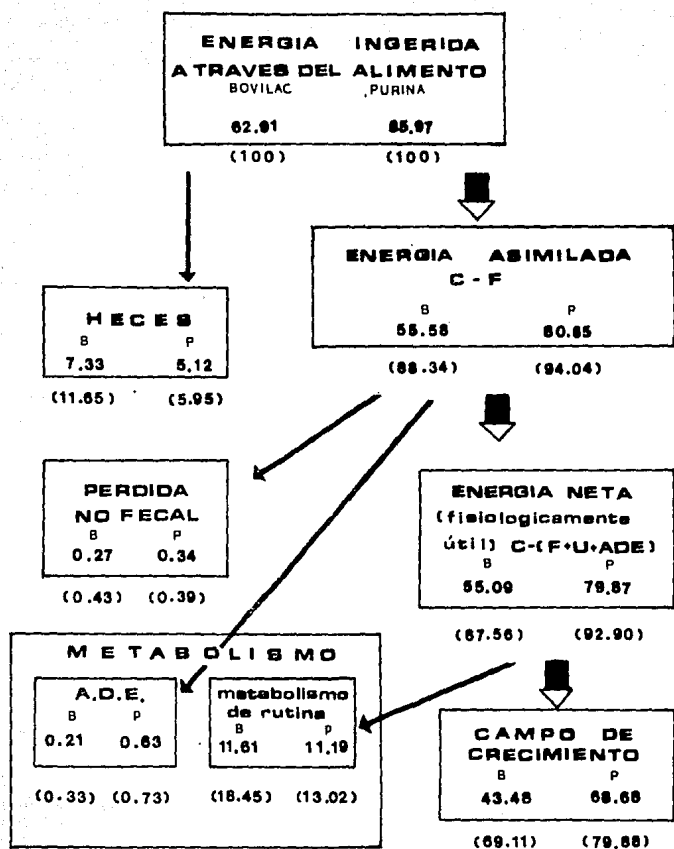


FIGURA 3.- DISTRIBUCION DE LA ENERGIA INGERIDA A TRAVES DEL ALIMENTO EN LAS POSTLARVAS DEL LANGOSTINO *Macrobrachium rosenbergii* ALIMENTADAS CON LAS DIETAS BOVILAC Y PURINA $\text{cal día}^{-1} \text{individuo}^{-1}$ Y PORCENTAJE EN PARENTESIS.

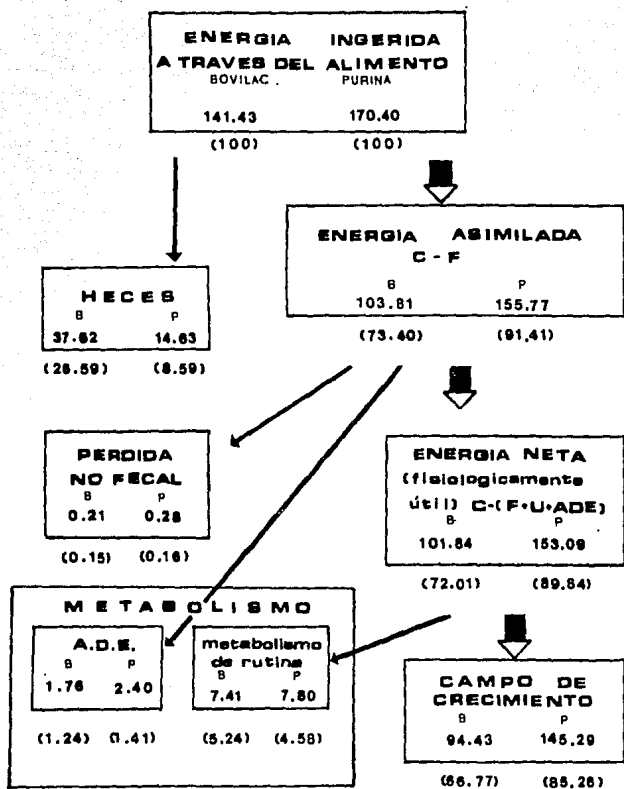


FIGURA 4.- DISTRIBUCION DE LA ENERGIA INGERIDA A TRAVES DEL ALIMENTO EN LOS JUVENILES DEL LANGOSTINO *Macrobrachium rosenbergii* ALIMENTADOS CON LAS DIETAS BOVILAC Y PURINA cal día⁻¹ individuo⁻¹ Y PORCENTAJE EN PARENTESIS.

EFFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE EL METABOLISMO RESPIRATORIO EXCRECION NITROGENADA, OSMORREGULACION Y BALANCE ENERGETICO DE POSTLARVAS Y JUVENILES DE *Macrobrachium rosenbergii*.

La temperatura y la salinidad generalmente son considerados como los principales factores extrínsecos, que modifican los procesos vitales de los crustáceos estuarinos y dulceacuicolas (Vernberg y Vernberg, 1972).

Esos dos factores son particularmente importantes para los organismos pertenecientes al genero *Macrobrachium*, los cuales habitualmente tienen un comportamiento migratorio desde las aguas dulces en las cuales generalmente habitan, a las aguas salobres donde van para que eclosionen las larvas y así se exponen a variaciones considerables de esas variables ambientales durante su ciclo de vida. La mayoría de las especies del genero *Macrobrachium* dependen de las aguas salobres para completar su desarrollo larvario. Después de que las larvas se metamorfosean a la fase de postlarva en los sistemas lagunares-estuarinos, migran a regiones de agua dulce donde completan su desarrollo (John, 1957; Raman, 1967; Ling, 1969).

El consumo de oxígeno de los crustáceos acuáticos puede ser afectado por una variedad de estímulos ambientales. La manera en la cual estos organismos responden a esos factores es la que finalmente puede delinear su éxito o fracaso en un ambiente determinado. Aunque muchas especies de palmonidos tienen una gran importancia desde el punto de vista comercial, solo recientemente se han realizado estudios sobre las respuestas metabólicas de los diferentes estadios del ciclo de vida: larvas, postlarvas, juveniles y adultos los cuales se

sometieron a variaciones de la salinidad y la temperatura (Nelson *et al.*, 1977; Stephenson y Knight, 1980; Moreira *et al.*, 1980; Mc Namara *et al.*, 1983; Stern *et al.*, 1984 y Mc Namara *et al.*, 1986) En estos estudios se ha reportado que la tasa metabólica de los langostinos puede incrementarse, descender o mantenerse constante en medios de salinidad fluctuante.

La excreción nitrogenada en los crustáceos eurihalinos se ha considerado como una respuesta a las variaciones de la salinidad ambiental y esta puede incrementarse o disminuir, lo cual permite postular que existe una relación entre la magnitud de los valores de la producción de amonio y la actividad de la bomba de intercambio $\text{Na}^+/\text{NH}_4^+$ y a un incremento en el catabolismo de los amino-acidos en respuesta al estrés osmótico (Armstrong *et al.*, 1981; Spaargaren *et al.*, 1982).

La relación atómica O:N relacionada con las dos variables mencionadas anteriormente, se ha usado como un indicador del catabolismo de las proteínas, ya que esta relación proporciona información sobre los cambios en la utilización del sustrato energético por los organismos, ante cambios de la salinidad y la temperatura (Conover y Corner, 1968).

Los langostinos dulceacuícolas particularmente los del género *Macrobrachium*, aparentemente se encuentran en un proceso de penetración al biotopo de agua dulce (Ortman, 1902; Read, 1984). La amplia diferencia en los patrones de osmorregulación en numerosas especies de este género (Denne, 1968; Sandifer *et al.*, 1975; Castille y Lawrence, 1981; Moreira *et al.*, 1983; Read, *op.cit.*; Mc Namara, 1987; Stern *et al.*, 1987), así como las respuestas diferenciales de las larvas a cambios de salinidad (Mc Namara *op.cit.*; Read, 1984, 1986), parecen confirmar esta hipótesis.

Se ha especulado que el trabajo osmótico de un organismo

puede ser mínimo cuando el medio externo y los fluidos corporales están en equilibrio, dentro de esas condiciones de isosmoticidad los requerimientos de oxígeno son bajos y por lo tanto sería posible cultivar un número máximo de organismos en un volumen dado de agua (Panikkar, 1969).

Los balances energéticos de los organismos acuáticos pueden ser influenciados por la salinidad y la temperatura que modifican la distribución del fluido de energía. El conocimiento de este balance de energía ayuda a comprender el papel que desempeñan los crustáceos en los ecosistemas acuáticos y debe ser utilizado para evaluar la influencia de estos factores ambientales en los sistemas de cultivo de estos organismos (Nelson et al., 1977; Dawirs, 1983).

Por lo anteriormente mencionado el objetivo del presente trabajo es determinar el Efecto de la salinidad sobre el consumo de oxígeno, la excreción nitrogenada y el balance energético de postlarvas y de los juveniles del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii*.

MATERIAL Y METODOS

Los organismos del langostino *Macrobrachium rosenbergii* utilizados en el presente estudio, tuvieron un intervalo de peso húmedo de 0.068g a 0.093g para las postlarvas, de 0.161g a 0.353g para los juveniles.

El período experimental fue de 30 días para las postlarvas como para los juveniles. Los estadios del langostino fueron mantenidos en acuarios de 70 L provistos de aireación constante, a una densidad de 5 organismos/m²/L, la temperatura fue de 30 ± 1°C y fue la que estos estadios eligieron al colocarlos en un gradiente horizontal de temperatura (primera parte de este trabajo).

Las salinidades experimentales en las cuales se colocaron las postlarvas y los juveniles fueron 0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 y 20^o/oo, que se cambió gradualmente en dos ^o/oo por día. Para la preparación de estos medios experimentales se utilizó agua de mar filtrada de 35^o/oo y las diluciones se hicieron con agua de la llave previamente desclorada. Las mediciones de las salinidades en los acuarios experimentales se realizaron con un refractómetro AMERICAN OPTICAL.

Durante la fase experimental ambos estadios del langostino fueron alimentados con la dieta balanceada comercial Chow Trucha Purina, ya que con esta dieta fue con la cual se obtuvo el mejor campo de crecimiento, cuando se determinó el efecto de las dos dietas sobre el balance energético de las postlarvas y de los juveniles (segunda parte de este trabajo). El alimento fue administrado al 40% a las postlarvas y en los juveniles al 10% de su peso corporal. Para cada condición experimental se realizaron dos repeticiones. El fotoperiodo se mantuvo en 12 hrs luz- 12 hrs oscuridad, durante todo el experimento.

La metodología utilizada para determinar el efecto de la salinidad sobre el consumo de oxígeno, la excreción nitrogenada, el balance energético, la eficiencia de asimilación y los índices metabólicos de las postlarvas y de los juveniles fue similar a la reportada (en la segunda parte de este trabajo).

Para medir la presión osmótica de la hemolinfa en ambos estadios se hizo una punción con un capilar heparinizado en la membrana toraco-abdominal, previamente secada para evitar contaminación con el agua del medio.

Después de extraer las muestras de hemolinfa, estas fueron congeladas en hielo seco para determinarles posteriormente la presión osmótica mediante el método del punto de fusión de

Este instrumento fue equipado con dos polaroides para observar a los cristales refringentes de las muestras y con un termómetro TAYLOR de 0.1°C de precisión. Los valores de la presión osmótica de las muestras de hemolinfa de las postlarvas y de los juveniles fueron expresadas en mOsmoles.

Los datos de las mediciones del consumo de oxígeno y la excreción nitrogenada de las postlarvas y de los juveniles del langostino mantenidos en las diferentes salinidades, se relacionaron con su peso corporal con el fin de obtener las rectas de regresión correspondientes que se calcularon con el método de regresión resistente (Tuckey, 1977; Mosteller y Tuckey, 1977; Curtis, 1986).

Una vez obtenidas las regresiones se calcularon los valores esperados del consumo de oxígeno y de la excreción nitrogenada, que se sometieron a la prueba de suavización con el fin de absorber los casos extremos (Tuckey, 1977).

Los valores del consumo de oxígeno, excreción nitrogenada, relación atómica O:N, los elementos de la ecuación del balance energético y la presión osmótica obtenidos en cada condición experimental de salinidad para las postlarvas y los juveniles del langostino, fueron ordenados en forma creciente para identificar la mediana (M), y poder observar y describir el comportamiento de los parámetros se ordenaron en cajas en paralelo (Tuckey *op.cit.*).

Para cuantificar los efectos de la salinidad sobre el consumo de oxígeno, la excreción nitrogenada y los elementos de la ecuación del balance energético obtenidos para las postlarvas y los juveniles del langostino, se hizo un análisis de varianza de una vía y para determinar cuales salinidades tuvieron mas efecto sobre el campo de crecimiento de ambos estadios, se analizó con la prueba de Dunnett (Zar, 1974).

RESULTADOS

El efecto de la salinidad sobre la tasa de consumo de oxígeno (QO_2) de las postlarvas y de los juveniles del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* se muestran en la tabla I y figura 1. La tasa respiratoria de las postlarvas tuvo un incremento significativo ($P < 0.05$) entre 0 y 2‰, manteniendo esta constante hasta 6‰, descendiendo en 8‰ a $3.71 \pm 0.15 \text{ mg } O_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ P.S}$ que fue el consumo mínimo de oxígeno registrado en esa salinidad, posteriormente éste se incrementó a $4.76 \pm 0.23 \text{ mg } O_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ P.S}$ en 16‰ y volvió a descender en 20‰ (Tabla I y Fig 1). En los juveniles la tasa metabólica tuvo una elevación marcada ($P < 0.05$) entre 0 y 2‰, manteniendo esta constante de 2 a 6‰ de salinidad e incrementando ligeramente en 8‰ donde se obtuvo el máximo consumo de oxígeno (3.30 ± 0.07), este descendió ligeramente en 12‰ y se mantuvo constante hasta la salinidad de 20‰ en $3.07 \text{ mg } O_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ P.S}$ (Tabla I, Fig.1).

La tasa de excreción de amonio de las postlarvas y de los juveniles mantenidos en diferentes salinidades se presentan en la tabla II y figura 2A y B. Para las postlarvas se encontró que la tasa de producción de amonio se incrementó de manera significativa entre 0 y 4‰ ($P < 0.05$), alcanzando su máximo valor de $0.188 \pm 0.021 \text{ mg } NH_4 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ P.S}$ después descendió teniendo su valor mínimo en 8‰, incrementó en 12‰ y se mantuvo constante hasta 20‰ en $0.155 \pm 0.009 \text{ mg } NH_4 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ P.S}$. No hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) en la tasa de producción de amonio en el último intervalo de salinidades (Tabla II, Fig.2). En los juveniles la tasa de excreción de amonio tuvo un comportamiento similar al reportado para las postlarvas, encontrándose el valor mínimo en 6‰, éste se incrementó ligeramente en 8‰, alcanzando sus máximos

valores entre 12 y 16^o/oo donde se mantuvo constante en 0.472 ± 0.046 mg NH₄ h⁻¹ g⁻¹P.S, no se encontraron diferencias significativas en esas salinidades (Tabla II, Fig.2).

La relación atómica O:N fue calculada para las postlarvas y los juveniles del langostino adaptados a diferentes salinidades se presentan en las figuras 3 y 4. La relación obtenida para las postlarvas fue de un intervalo de 17.6 a 26.8 en todas las salinidades experimentales. Los valores máximos de la relación O:N se detectaron en los langostinos adaptados a medios diluidos, mientras que los valores bajos se observaron en los organismos mantenidos en altas salinidades (Fig.3). En los juveniles se encontró que esta relación tuvo su máximo en 0^o/oo de 28.2, en el intervalo de salinidades experimentales de 2 a 20^o/oo, la relación descendió significativamente (P < 0.05) y tuvo un intervalo de 3.4 a 6.8 (Fig.3).

La concentración osmótica de la hemolinfa de las postlarvas y de los juveniles del langostino *M. rosenbergii* aclimatados a varias salinidades se presentan en la figura 4A y B. Ambos estadios mostraron un patrón de regulación hiperosmótico tanto en el agua dulce como en los medios diluidos, manteniendo en concentraciones del medio externo de 0 a 224^o/oo una concentración osmótica de la hemolinfa entre 442 a 542 mOsm. Por arriba de este intervalo de salinidad, la osmolalidad de la hemolinfa de las postlarvas descendió hasta 422 mOsm, posteriormente incrementó hasta hacerse equivalente a la concentración del medio externo. En tanto que para los juveniles la concentración de la hemolinfa se incrementó rápidamente, conforme aumento la salinidad del medio y se mantuvo ligeramente hiperosmótica en la concentración externa de 566 mOsmoles (Figs. 4A y B).

El peso seco, la materia orgánica y la asimilación del alimento ingerido por las postlarvas y los juveniles del

langostino mantenidos en diferentes salinidades se muestra en las tablas III y IV. La asimilación y la ingestión del alimento de las postlarvas se afectaron significativamente al incrementarse la salinidad, ya que se observó un descenso significativo de un 60% para ambos parámetros ($P < 0.05$) en las salinidades de 0 a 6^o/oo, incrementándose ligeramente en 8^o/oo para descender en 20^o/oo, donde se registraron los valores mínimos de ingestión de alimento y asimilación que fueron de 6.18 y 5.83 mg día⁻¹ individuo⁻¹ respectivamente (Tabla III). En los juveniles del langostino se encontro que el efecto de la salinidad sobre la ingestión de alimento y asimilación, fue similar al descrito para las postlarvas y los mas bajos de estos parámetros ocurrieron a 20^o/oo que constituye un 80% menos que los observados en 0^o/oo de salinidad (Tabla IV).

El efecto que la salinidad causó sobre los elementos de la ecuación del balance energético de las postlarvas y de los juveniles se muestra en las figuras 5 y 6. Tanto para las postlarvas como para los juveniles, la salinidad señalo un efecto considerable en lo que respecta al consumo de oxígeno, producción de heces y excreción nitrogenada, ya que éstos se incrementaron de manera significativa ($P < 0.05$) al aumentar la salinidad de 0 a 20^o/oo. En lo que respecta al campo de crecimiento, calculado tanto para las postlarvas como para los juveniles, se encontró que al incrementar la salinidad de 0 a 20^o/oo produjo un descenso marcado en éste ($P < 0.05$), reduciendo de manera considerable la potencialidad de crecimiento de los organismos sometidos a esas salinidades experimentales (Figuras 5 y 6).

La eficiencia de asimilación e índices de utilización de la energía consumida para el crecimiento K_1 y asimilada para el crecimiento K_2 de las postlarvas y de los juveniles aclimatados a diferentes salinidades, se presentan en las tablas V y VI.

En los dos estadios las salinidades no tuvieron un efecto sobre la eficiencia de asimilación, ya que ésta tuvo un intervalo de 70 a 90%. En tanto que para los índices de utilización de la energía consumida o asimilada para el crecimiento K_1 y K_2 cuantificados para las postlarvas y los juveniles, se vieron afectados significativamente ($P < 0.05$), al incrementar la salinidad de 0 a 20^o/oo donde en esta última se registraron los mínimos (Tablas V y VI).

DISCUSION

En los ecosistemas acuáticos, la temperatura y la salinidad son generalmente considerados como los factores ambientales mas importantes por que pueden limitar la distribución de las poblaciones del langostino *Macrobrachium rosenbergii*, que habitan en un amplio intervalo de salinidades durante su ciclo de vida.

Muchos autores han investigado las respuestas de la tasa metabólica a diferentes combinaciones de salinidad y temperatura para una variedad de especies de crustáceos (Lockwood, 1967; Kinne, 1971). Se ha sugerido que un incremento en la tasa metabólica, en aquellas salinidades que difieren del punto isosmótico, es indicativa de un incremento en los costos metabólicos debido a trabajo osmótico (Kutty, et al., 1971). Las curvas de salinidad-tasa metabólica obtenidas para las postlarvas y los juveniles del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* mostraron que hubo un incremento en la tasa metabólica en medios diluidos. Resultados similares han sido reportados para los juveniles del langostino por Nelson et al. (1977) y para las postlarvas de *M. rosenbergii* por Stephenson y Knight (1960). El incremento en la tasa metabólica en las salinidades diluidas, probablemente se debió a que tanto las

postlarvas como los juveniles requirieron mas energia para mantener el acentuado gradiente osmótico. En las salinidades altas, la tasa metabólica de ambos estadios se mantuvo constante porque se utilizó menos energia para hiperosmoconformarse.

El primer estudio de los factores que afectan la excreción de amonio fué realizado por Needham (1957) en el cangrejo *Carcinus maenas*, donde encontró que la tasa de excreción de amonio es afectada tanto por la temperatura, la salinidad, la dieta y el estadio del ciclo de muda.

Armstrong et al. (1981) han sugerido que la tasa de excreción de amonio del langostino *Macrobrachium rosenbergii* descendió en respuesta a un incremento de la salinidad. Ellos proponen un efecto reverso del mecanismo de intercambio iónico Na^+/NH_4^+ el cual produciría un descenso en la excreción de amonio. Los presentes resultados con respecto al efecto de la salinidad sobre la tasa de excreción nitrogenada tanto en las postlarvas como en los juveniles del langostino y los de otros autores como Sharma (1966) y Stern et al. (1984), no necesariamente apoyan dicha hipótesis, ya que se ha considerado la posibilidad de que el descenso en la excreción de amonio observada por los autores antes mencionados, sea solo una respuesta a corto plazo, ya que Armstrong et al. (1981) indican que después de 24 h de transferidos los langostinos a los medios salinos, la tasa de excreción de amonio se restableció. Ellos sugieren además que el fenomeno reverso del mecanismo de intercambio ionico Na^+/NH_4^+ , podría ser una reaccion fisiológica temporal, en la cual los niveles de Na^+ en la hemolinfa son controlados inmediatamente para balancear el influjo de Na^+ generado por el gradiente iónico.

Resultados similares a los encontrados para las postlarvas y

los juveniles en este estudio han sido similares a los reportados en el acocil *Orconectes rusticus* y en el langostino *Macrobrachium rosenbergii*, los cuales aumentaron la tasa de excreción nitrogenada despues de ser sometidos a incrementos de salinidad del ambiente (Sharma, 1966; Stern et al., 1984).

La relación atómica, O:N es un índice cualitativo de la utilización del tipo de sustrato metabólico, ya que proporciona una estimación del balance en el tejido entre la tasa de catabolismo de proteínas, lípidos y carbohidratos. En la langosta americana *Homarus americanus* se reportó una reducción en la relación O:N de 26.7 a 22.1, lo cual represento un incremento en el catabolismo de proteínas con respecto a los lípidos y carbohidratos (Capuzzo y Lancaster, 1979). En *Crangon crangon* se determinó que la relación O:N fue de 27 lo que indicó un catabolismo de lípidos-carbohidratos, despues de sometar a los organismos a un estrés continuo, la relacion O:N descendió hasta un valor de 10, lo que indicó que solamente las proteínas fueron catabolizadas por esa especie (Regnault, 1981). Para el langostino *M. rosenbergii* sometidos a diferentes medios salinos y iónicos (Stern, op.cit.) mostraron que la relacion O:N fue de 22.6 a 12.2 an consecuencia en los medios diluidos los organismos utilizaron lípidos-carbohidratos como sustrato energético, en tanto que en salinidades altas se incrementó el catabolismo de las proteínas.

Los resultados aqui obtenidos sugieren que tanto para las postlarvas como para los juveniles del langostino la utilizacion del sustrato energético cambio con respecto al estrés osmótico que fueron sometidos. En el agua dulce y medios diluidos de (2 a 8^o/oo) la relación O:N para las postlarvas reflejo un catabolismo de lípidos y/o carbohidratos, en tanto que en los medios salinos (12 a 20^o/oo) la relación descendió. Para los juveniles mantenidos an agua dulce la relación O:N

tuvo fue de 28.4 lo que refleja un catabolismo de lípidos y/o carbohidratos, sin embargo, en las salinidades de 2 a 20‰ descendió significativamente hasta alcanzar un 5, lo cual se interpreta que los juveniles incrementaron de manera considerable el metabolismo de las proteínas en relación a la utilización de lípidos o carbohidratos. Se puede concluir entonces que la salinidad causó un mayor efecto osmótico sobre los juveniles que sobre las postlarvas del langostino *Macrobrachium rosenbergii*.

Las postlarvas y los juveniles del langostino sometidos a diferentes salinidades presentaron una gran capacidad osmorreguladora, similar a la reportada para otras especies del género *Macrobrachium*, las cuales mantiene una concentración de la hemolinfa hiperosmótica en salinidades bajas pero hipoconforman en salinidades por arriba del punto isosmótico entre ellas *Macrobrachium rosenbergii* (Sing, 1980); *M. ohione* (Castille y Lawrence, 1981); *M. acanthurus*, *M. heterochirus* (Moreira et al., 1983). Los patrones de osmorregulación observados en ambos estadios del langostino fueron similares a los de otros carideos, los cuales pasan una gran parte de su ciclo de vida en el agua dulce (Denne, 1968; Castille y Lawrence, op.cit.).

Read (1984, 1986) dividió a las especies del langostino en tres grupos los cuales reflejan la extensión de sus adaptaciones al agua dulce, de acuerdo a los diferentes patrones de osmorregulación. *Macrobrachium olfersii* forma el primer grupo de langostinos el cual representa a los organismos menos adaptados al agua dulce; *M. acanthurus*, *M. heterochirus* y *M. petersi* constituyen el segundo grupo y en el tercer se ubican a *M. rosenbergii*, *M. ohione* y *M. australiense*. En el último grupo las especies están mejor adaptadas al agua dulce, por que mantienen una concentración de la hemolinfa hiperosmótica en

medios dulceacuicolas.

En el caso de las especies de agua dulce se han realizado consideraciones teóricas, las cuales sugieren que los mecanismos adaptativos que han desarrollado para colonizar dichos medios, fueron una reducción de la permeabilidad corporal, producción de orina hiposmótica, captación activa de sales, que fueron de un efecto marcado en la reducción de los costos energéticos del mantenimiento del balance de agua y sales menores al 10% y posiblemente el 1% de la energía proveniente del metabolismo se usaria para los propósitos de osmorregulación (Potts, 1954; Vernberg y Vernberg, 1972).

En relación al efecto de la salinidad sobre los parámetros del balance energético que se determinó tanto para las postlarvas como para los juveniles del langostino *M. rosenbergii*, se vió que el consumo de alimento y su asimilación se redujeron drásticamente conforme se incremento la salinidad. Lo mismo sucedió con el campo de crecimiento y los índices de utilización de la energía la cual se canaliza hacia el crecimiento K_1 y K_2 , en los cuales se observó que los valores más altos fueron en aquellos organismos mantenidos en agua dulce y conforme se incrementaba la salinidad, la potencialidad de crecimiento se fue reduciendo en ambos estadios del langostino. No obstante que *Macrobrachium rosenbergii* puede tolerar un amplio intervalo de salinidades, la hipótesis de máximo crecimiento en el punto isosmótico, no es valido para esta especie, ya que los resultados obtenidos en este estudio, indicaron que el campo de crecimiento se redujo significativamente en altas salinidades. Se han reportado resultados similares por Perdue y Nakamura (1975) quienes obtuvieron un máximo crecimiento para *M. rosenbergii* cultivados en agua dulce y una salinidad de 2‰.

El hecho de que el máximo crecimiento de las postlarvas y de

los juveniles del langostino no se obtuviera en el punto isosmótico, se debió a que estos organismos como todos los crustáceos crecen a través de la muda, durante la cual absorben una gran cantidad de agua que es reemplazada posteriormente por tejido, a causa del gradiente osmótico que se establece. Los organismos mantenidos en agua dulce o con baja salinidad son capaces de absorber mas agua durante la ecdisis por lo tanto experimentan un mayor incremento en tamaño que aquellos mantenidos en medios de mayor salinidad. También se ha reportado que los adultos de *M. rosenbergii* mantenidos en agua dulce, contenian 4 a 5% mas agua en el musculo que aquellos animales que fueron mantenidos en salinidades mayores de 15^o/oo (Sing, 1980).

Esto puede explicar porque las postlarvas y los juveniles del langostino gigante *M. rosenbergii* mantenidos en agua dulce generaron la máxima tasa de crecimiento, mientras los que fueron mantenidos en salinidades cercanas al punto isosmótico el cual para esta especie se encuentra en 18^o/oo, el crecimiento fue minimo. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Stephenson y Knight (1982) quienes al someter a un gradiente de salinidad a las postlarvas del langostino encontraron, que estas eligieron salinidades bajas entre 0 y 3^o/oo. Esta tendencia de las postlarvas de preferir salinidades bajas fue interpretada como un mecanismo que ayuda a los juveniles a mantener condiciones optimas de crecimiento.

Los resultados obtenidos en este estudio permiten asegurar que aquellas zonas geográficas del país que tienen una gran cantidad de cuerpos de aguas salobres, no son adecuadas para el cultivo a escala comercial del langostino *Macrobrachium rosenbergii*, por que en esos medios la tasa de crecimiento se retarda a causa de las elevadas salinidades.

TABLA I EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE EL CONSUMO DE OXIGENO (QO_2) DE POSTLARVAS Y JUVENILES DEL LANGOSTINO Macrobrachium rosenbergii. MEDIANA \pm INTERVALO DE CONFIANZA.

ESTADIO	SALINIDAD ($^{\circ}/_{\infty}$)	CONSUMO DE OXIGENO QO_2 mg $O_2 \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ P.S
P	0	2.80 \pm 0.97
O	2	5.35 \pm 0.11
S	4	5.95 \pm 0.71
T	6	5.97 \pm 0.98
L	8	3.71 \pm 0.15
A	12	4.26 \pm 0.25
R	16	4.76 \pm 0.23
V	20	4.35 \pm 0.15
A		
S		
J	0	2.18 \pm 0.03
U	2	3.03 \pm 0.28
V	4	3.05 \pm 0.22
E	6	2.73 \pm 0.15
N	8	3.30 \pm 0.07
I	12	3.04 \pm 0.23
L	16	2.97 \pm 0.14
E	20	3.22 \pm 0.21
S		

TABLA II EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE LA EXCRECION NITROGENADA (QN_4) DE POSTLARVAS Y JUVENILES DEL LANGOSTINO Macrobrachium rosenbergii. MEDIANA \pm INTERVALO DE CONFIANZA.

ESTADIO	SALINIDAD ($^{\circ}/_{\infty}$)	EXCRECION NITROGENADA QN_4 mg $\text{NH}_4 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ P.S
P	0	0.064 \pm 0.010
O	2	0.121 \pm 0.006
S	4	0.188 \pm 0.021
T	6	0.140 \pm 0.014
L	8	0.113 \pm 0.006
A	12	0.167 \pm 0.008
R	16	0.156 \pm 0.012
V	20	0.143 \pm 0.009
A		
S		
J	0	0.047 \pm 0.002
U	2	0.294 \pm 0.044
V	4	0.312 \pm 0.000
E	6	0.238 \pm 0.013
N	8	0.292 \pm 0.014
I	12	0.445 \pm 0.032
L	16	0.458 \pm 0.024
E	20	0.512 \pm 0.083
S		

TABLA III PESO SECO (P.S), MATERIA ORGANICA (P.S.L.C) Y ASIMILACION
 DEL ALIMENTO CONSUMIDO POR POSTLARVAS DE Macrobrachium
rosenbergii. ACLIMATADAS A DIFERENTES SALINIDADES.

	SALINIDAD (‰)	ALIMENTO CONSUMIDO		ASIMILACION $A = I \times U^{-1}$
		P.S mg día ⁻¹ ind ⁻¹	P.S.L.C	
08	0	17.80	16.15	15.93
	2	7.09	6.43	6.20
	4	6.44	5.84	5.64
	6	7.90	7.17	6.48
	8	16.20	14.70	12.94
	12	10.30	8.55	7.15
	16	7.35	6.67	6.60
	20	6.79	6.16	5.83

TABLA IV PESO SECO (P.S), MATERIA ORGANICA (P.S.L.C) Y ASIMILACION DEL ALIMENTO CONSUMIDO POR JUVENILES DE Macrobrachium rosenbergii. ACLIMATADOS A DIFERENTES SALINIDADES.

SALINIDAD (‰)	ALIMENTO CONSUMIDO		ASIMILACION $A = I \times U^{-1}$
	P.S mg día ⁻¹ ind ⁻¹	P.S.L.C	
0	35.28	32.00	30.71
2	6.50	5.92	4.67
4	13.19	12.01	11.12
6	15.83	14.42	13.87
8	8.57	7.81	7.45
12	8.10	7.38	7.14
16	9.55	8.70	8.47
20	6.36	5.79	5.74

TABLA V EFICIENCIA DE ASIMILACION (U^{-1}) E INDICES DE UTILIZACION DE LA ENERGIA K_1 y K_2 DE POSTLARVAS DE Macrobrachium rosenbergii, ACLIMATADAS A VARIAS SALINIDADES.

SALINIDAD (‰)	EFICIENCIA DE ASIMILACION (U^{-1})	INDICES DE UTILIZACION DE LA ENERGIA CONSUMIDA PARA CRECIMIENTO $K_1 = P/C$ (%)	ASIMILADA PARA CRECIMIENTO $K_2 = P/A$ (%)
0	89.45	79.88	94.08
2	87.50	27.09	29.65
4	87.40	6.72	7.20
6	82.10	27.43	29.18
8	79.80	76.72	80.44
12	69.40	54.02	56.69
16	89.90	35.17	39.06
20	85.90	31.76	37.65

82

TABLA VI EFICIENCIA DE ASIMILACION (U^{-1}) E INDICES DE UTILIZACION DE LA ENERGIA K_1 Y K_2 DE JUVENILES DE Macrobrachium rosenbergii, ACLIMATADOS A VARIAS SALINIDADES.

	SALINIDAD (‰)	EFICIENCIA DE ASIMILACION (U^{-1})	INDICES DE UTILIZACION DE LA ENERGIA	
			CONSUMIDA PARA CRECIMIENTO $K_1 = P/C$ (%)	ASIMILADA PARA CRECIMIENTO $K_2 = P/A$ (%)
83	0	87.04	85.26	93.27
	2	71.90	39.62	41.63
	4	84.30	73.04	76.68
	6	87.00	80.80	84.14
	8	87.00	55.95	60.76
	12	88.00	58.14	62.11
	16	88.00	64.65	68.86
	20	90.00	41.55	46.28

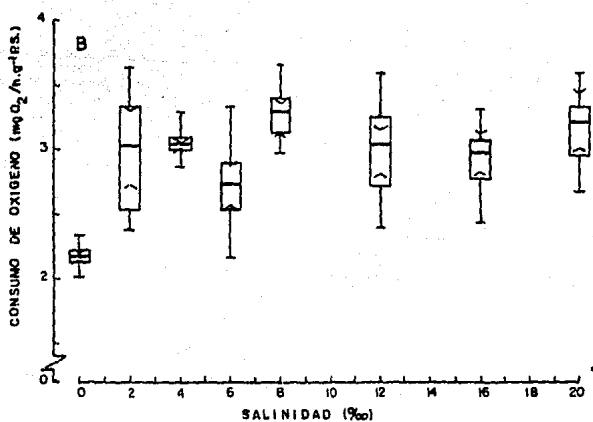
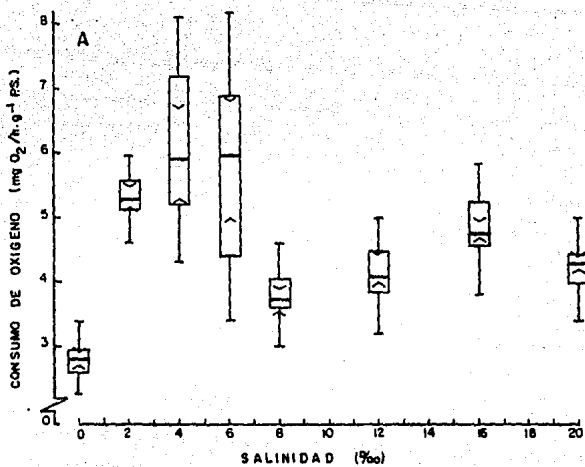


FIGURA 1.- TASA DE CONSUMO DE OXIGENO DE POSTLARVAS (A) Y DE JUVENILES (B) DE *Macrobrachium rosenbergii* EN DIFERENTES SALINIDADES.

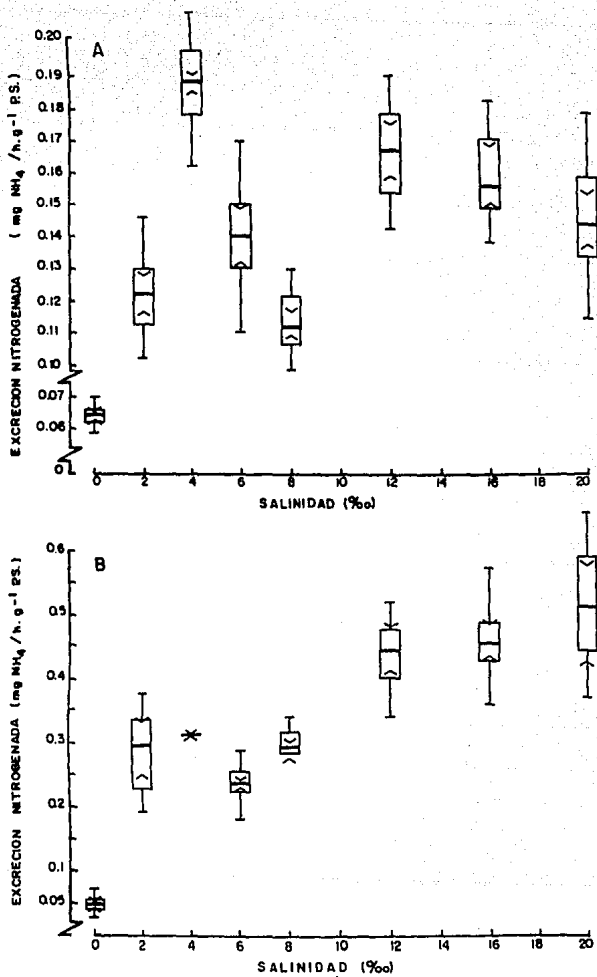


FIGURA 2.- TASA DE EXCRECION NITROGENADA DE POSTLARVAS (A) Y DE JUVENILES (B) DE *Macrobrachium rosenbergii* EN DIFERENTES SALINIDADES.

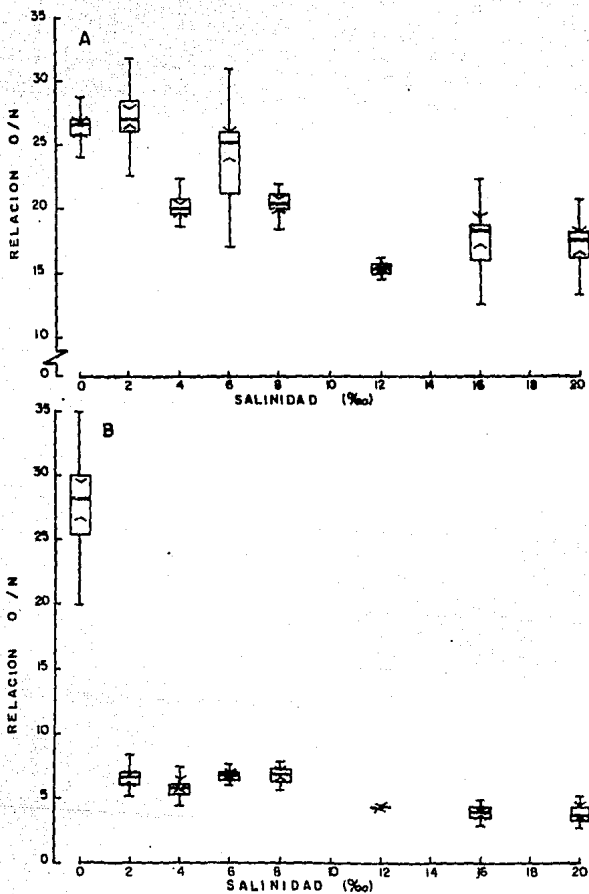


FIGURA 3.- RELACION ATOMICA O/N DE POSTLARVAS (A) Y DE JUVENILES (B) DE *Macrobrachium rosenbergii* EN DIFERENTES SALINIDADES.

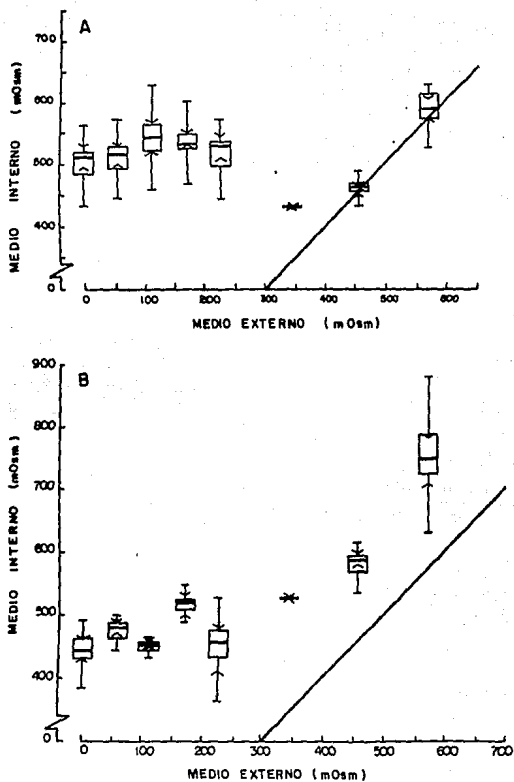


FIGURA 4.- DETERMINACION DE LA PRESION OSMOTICA DE LA HEMOLINFA DE POSTLARVAS (A) Y JUVENILES (B) DE *Macrobrachium rosenbergii* EN DIFERENTES SALINIDADES.

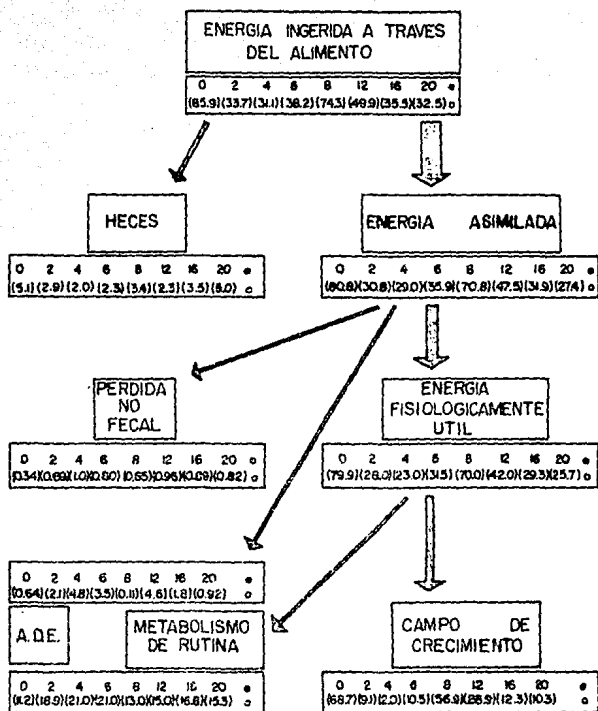


FIGURA 5.- EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE LA DISTRIBUCION DE LA ENERGIA INGERIDA A TRAVES DEL ALIMENTO EN LAS POSTLARVAS DEL LANGOSTINO *Macrobrachium rosenbergii*.
 ●- SALINIDADES ‰ cal día⁻¹ individuo⁻¹.

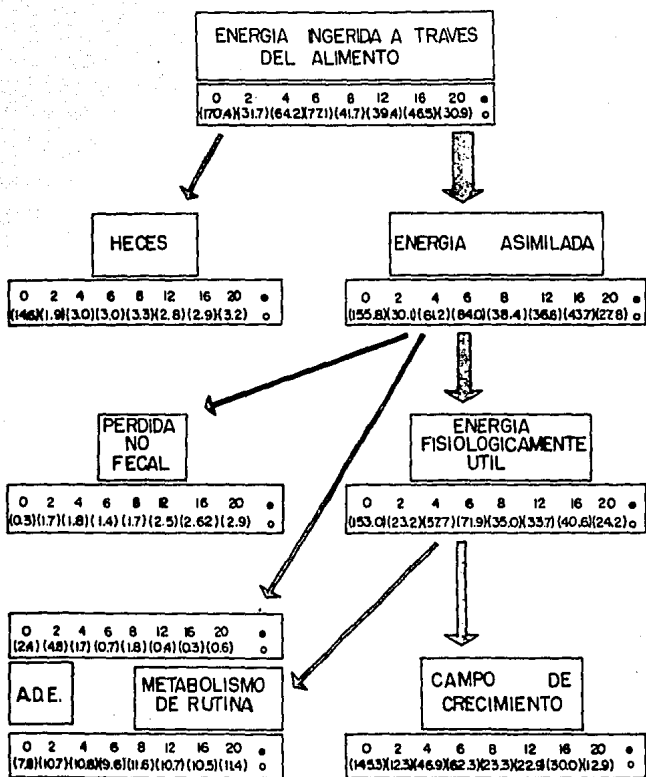


FIGURA 6.- EFECTO DE LA SALINIDAD SOBRE LA DISTRIBUCION DE LA ENERGIA INGERIDA A TRAVES DEL ALIMENTO EN LOS JUVENILES DEL LANGOSTINO *Macrobrachium rosenbergii*
 • SALINIDADES‰ 0- cal día⁻¹ individuo⁻¹.

DISCUSION GENERAL

Cuando en ambientes tropicales hay una variedad de temperaturas formando un gradiente térmico, los organismos móviles como los crustáceos, se congregan en un intervalo estrecho de temperaturas y este comportamiento ha sido denominado preferencia térmica o comportamiento termorregulador.

Para las postlarvas y los juveniles del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii* se detectó que el preferendum final de temperatura estuvo ubicado en un intervalo de 29 a 31°C donde los animales son más activos. La orientación y congregación térmica de ambos estadios en un intervalo estrecho de temperatura ha sido denominado ortotermoquinesis. Dado que el preferendum final no es un punto fijo en una escala de temperatura, es más preciso considerarlo como una zona de preferencia térmica.

La relación entre el comportamiento termorregulador y la temperatura óptima para crecimiento, se demostró tanto para las postlarvas como para los juveniles del langostino gigante *M. rosenbergii*, ya que el intervalo de temperatura donde se determinó la máxima tasa de crecimiento coincidió con el preferendum final de temperatura. La relación entre el comportamiento termorregulador y el óptimo térmico para el crecimiento, debe ser utilizado como un criterio preponderante y guía para seleccionar lugares donde se pretendan realizar cultivos a escala comercial con esta especie, los cuales deberán tener un intervalo anual de temperatura que oscile entre 28 a 32°C, para obtener un máximo crecimiento de los organismos cultivados.

Los estudios con enfoque bioenergético que se realizan en

determinar la tasa de intercambio calórico entre el organismos y su ambiente, con la finalidad de optimizar aquellos factores ambientales que interactúan para incrementar la tasa de crecimiento. La potencialidad de crecimiento para las postlarvas y los juveniles del langostino, fue siempre mayor en aquellos alimentados con Purina. Los resultados obtenidos indican que esta dieta fue la de mayor ingesta, asimilación y eficiencia de asimilación y además fue la que produjo menos gastos energéticos para que los organismos cubrieran sus requerimientos metabólicos como consumo de oxígeno, excreción nitrogenada y acción dinámica específica, por lo tanto la energía remanente fue canalizada hacia el crecimiento.

Estos resultados permiten asegurar que en el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii* tanto de las postlarvas como de los juveniles, requieren de solo una dieta con los componentes nutricionales similares a Purina o Chow Trucha Purina, que optimiza el cultivo.

En los ecosistemas acuáticos la temperatura y la salinidad son generalmente considerados como los factores ambientales mas importantes, los cuales limitan la distribución de las poblaciones del langostino *Macrobrachium rosenbergii*, que habitan un amplio intervalo de salinidades durante su ciclo de vida. En la presente contribución se observó que el aumento de la salinidad sobre el campo de crecimiento de las postlarvas y de los juveniles redujo significativamente la potencialidad de crecimiento.

Estos resultados indican que en aquellas zonas geograficas del país donde se tengan cuerpos de agua salobre, con salinidades entre 15 - 20^o/oo los cuales pudieran potencialmente usarse para el cultivo de esta especie, no serán los mas adecuados ya que esas salinidades , retardarian el crecimiento de las postlarvas y de los juveniles.

La importancia que tienen los estudios ecofisiológicos con enfoque bioenergético en los organismos acuáticos de interés comercial como el realizado con las postlarvas y los juveniles del langostino gigante *Macrobrachium rosenbergii*, radica en que éste es un índice cuantitativo el cual permite describir, explicar y predecir la condición o estado fisiológico de los organismos, así como también es un método útil para evaluar el efecto de diferentes dietas sobre el crecimiento de los animales cultivados, por lo que este tipo de estudios deberían ser utilizados como una guía para determinar la factibilidad del cultivo de una especie autóctona o introducida en nuestro país.

CONCLUSIONES

- 1) El preferendum final para las postlarvas y los juveniles del langostino *Macrobrachium rosenbergii* presento un intervalo de 29 a 31°C.
- 2) La inanición, el sustrato y los metodos agudo y gravitacional utilizados para determinar el preferendum final de las postlarvas y los juveniles, no señalaron un efecto significativo.
- 3) Existió una estrecha relación entre el comportamiento termorregulador determinado en ambos estadios y la temperatura optima de crecimiento (29 a 31°C).
- 4) Las dos dietas utilizadas Bovilac y Purina causaron un efecto calorigénico sobre la tasa metabolica de las postlarvas y los juveniles.
- 5) La asimilacion, la eficiencia de asimilación y el campo de crecimiento calculado tanto para postlarvas como para los juveniles fueron mayores en aquellos organismos que fueron alimentados con la dieta Purina.
- 6) La salinidad ejercio un efecto significativo sobre la ingestion de alimento, la asimilacion, el campo de crecimiento y sobre los indices K_1 y K_2 tanto en las postlarvas como en los juveniles, reduciendose considerablemente sus valores en la medida en que se aumento la salinidad.

7) Al aumentar la salinidad la relación atómica O:N calculada para ambos estadios, indico que los organismos cambiaron el sustrato metabólico utilizado de lípidos-carbohidratos a proteínas.

LITERATURA CITADA

- Armstrong, D.A., K.Strange., J.Crowe., A.Knight and M.Simmons. 1981. High salinity acclimation by the prawn *Macrobrachium rosenbergii*: Uptake of exogenous ammonia and changes in endogenous nitrogen compounds. *Biol.Bull* 160: 349-365
- Badenhuizen, T.R. 1967. Temperature selected by *Tilapia mossambica* in a test tank with a horizontal temperature gradient. *Hydrobiologia* 30: 541-554
- Balaz, G.H and E.Ross. 1976. Effects of protein source and level on growth and performance of the captive fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 7: 229-313
- Beamish, F.W.H. 1974. Apparent specific dynamic action of largemouth bass *Micropterus salmoides*. *J.Fish.Res.Board.Can* 31: 1763-1769
- Beitinger, T.L. Diel activity rhythms and thermoregulatory behavior of bluegill in response to unnatural photoperiods. *Biol.Bull* 148: 96-108
- Beitinger, T.L. 1977. Thermopreference behavior of bluegill *Lepomis macrochirus* subjected to restrictions in available temperature ranges. *Copeia* 1977: 536-541
- Brett, J.R. 1971. Energetic responses of salmon to temperature. A study of some relations in the physiology and freshwater ecology of sockeye salmon *Oncorhynchus nerka*. *Amer.Zool* 11: 99-113
- Capuzzo, J.M and B.A.Lancaster. 1979. Some physiological and biochemical considerations of larval development in the american lobster *Homarus americanus*. *J.Exp.Mar.Biol.Ecol.* 40: 53-62
- Casterlin, M.E. and W.W.Reynolds. 1979. Behavioral thermoregulation in the grass shrimp *Palaemonetes vulgaris*. *Rev.Can.Biol* 38 (1): 45-46

- Castille, F.L and A.L.Lawrence. 1981. The effect of salinity on the osmotic, sodium and chloride concentrations in the hemolymph of the freshwater shrimps *Macrobrachium ohione* and *Macrobrachium rosenbergii*.
Comp. Biochem. Physiol. 70A: 47-52
- Cherry, D.S, K.L.Dickson and J.Cairns. 1975. Temperature selected and avoided by the fish at various acclimation temperatures.
J. Fish. Res. Board. Can. 32: 485-491
- Cherry, D.S, K.L.Dickson and J.Cairns. 1977. Preferred, avoided and lethal temperatures of fish during raising temperatures conditions.
J. Fish. Res. Board. Can. 34: 239-246
- Clifford, H.C and R.W.Brick. 1979.. A physiological approach to the study of growth and bioenergetics in the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii*.
Proc. World. Maricul. Soc. 10: 710-719
- Clifford, H.C and R.W.Brick. 1983. Nutritional physiology of the freshwater shrimp *Macrobrachium rosenbergii* I.. Substrate metabolism in fasting juvenile shrimp.
Comp. Biochem. Physiol. 74A: 561-568
- Crawshaw, L.I. 1974. Temperature selection and activity in the crayfish *Orconectes immunis*.
J. Comp. Physiol. 95: 315-322
- Crawshaw, L.I. 1977. Physiological and behavioral reactions of fishes to temperature change.
J. Fish. Res. Board. Can. 34: 730-734
- Crawshaw, L.I. 1983. Effects of thermal acclimation and starvation on temperature selection and activity in the crayfish *Orconectes immunis*.
Comp. Biochem. Physiol. 74A (2): 475-477
- Condrey, R.E., J.Gosselink and H.J.Barnet. 1972. Comparison of the assimilation of different diets by *Penaeus setiferus* and *P. astecus*.
Fish. Bull. 70 (4): 1281-1292
- Conover, R.J and E.D.S.Corner. 1968. Respiration and nitrogen excretion by some marine zooplankton in relation to their life cycles.
J. Mar. Biol. Assoc. U. K. 48: 49-75

- Curts, J. 1984. Introducción al Analisis de Residuos en Biología.
Biotica 9 (3): 271-278
- Curts, J. 1985. Analisis Exploratorio de Datos. Curso de Posgrado de la Facultad de Ciencias UNAM, México.
- Curts, J. 1986. Regresion Lineal Resistente en Biología.
Biotica: En Prensa.
- Dawirs, R.R. 1983. Respiration, energy balance and development during growth and starvation of *Carcinus maenas* larvae.
J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 69: 105-128
- Denne, L.B. 1968. Some aspects os osmotic and ionic regulation in the prawns *Macrobrachium australiense* and *M. equidens*.
Comp. Biochem. Physiol. 26: 17-30
- De Witt, C.E. 1967. Precision of thermoregulation and its relation to environmental factors in the desert iguana *Dipsosaurus dorsalis*.
Physiol. Zool. 40: 46-66
- Denhel, P.A. 1960. Effects of temperature and salinity on the oxygen consumption of two intertidal crabs.
Biol. Bull. 118: 215-249
- Elliot, J.M. and W. Davison. 1975 Energy equivalents of oxygen consumption in animal energetics.
Oecologia. 19: 195-201
- Fair, P.H, A.R. Fortner, M.R. Millikin and L.V. Sick. 1980. Effects of dietary fiber on growth, assimilation and cellulase activity of the prawn *Macrobrachium rosenbergii*.
Proc. World. Maricul. Soc. 11: 369-381
- Farmanfarmanian, A and A. Moore. 1978. Diseasonal thermal aquaculture I. Effects of temperature and dissolved oxygen on survival and growth of *Macrobrachium rosenbergii*.
Proc. Ann. Meet. World. Mar. Soc. 9: 55-66
- Ferguson, R.G. 1958. The preferred temperature of fish and their midsummer distribution in temperature lakes and streams.
J. Fish. Res. Board. Can 15 (4) 607-624

- Fraenkel, G.S and D.L.Gunn. 1961. The orientation of animals
Kieneses taxes and compass reactions. Dover. New York.
259 pp
- Fry, F.E.J. 1947. Effects of environmental on animal activity.
Univ. Toronto. Stud. Biol. Ser. 55 *Publ. Ont. Fish. Res. Lab.*
68: 1-62
- Goodwin, H.L. and J.A.Hanson. 1975. The aquaculture of
freshwater prawns *Macrobrachium* species.
The Oceanic. Institute. Waimanalo. Hawaii. 95 pp
- Gross, W.J. 1954. Osmotic responses in the sinpunculid
Dendrostomun zosterocolum.
J. Exp. Biol. 31: 402-423
- Hall, L.W, D.A Cincotta, J.R. Stauffer and C.H. Hocutt. 1978.
Temperature preference of the crayfish *Orconetes*
obscurus.
Arch. Environm. Cont. Toxicol. 7: 379-383
- Javaid, M.Y and J.M. Anderson. 1967. Influence of starvation on
selected temperature of some salmonids.
J. Fish. Res. Board. Can. 24 (7): 1515-1519
- Jobling, M. 1981. Temperature tolerance and final preferendum
rapid methods for the assesment of optimum growth
temperatures.
J. Fish. Biol. 19: 439-455
- John, M.C. 1957. Bionomics and life-history of *Macrobrachium*
rosenbergii.
Bull. Cent. Res. Inst. 5 (1): 93-102
- Johns, D.M. 1982. Physiological studies on *Cancer irroratus*
larvae III. Effects of temperature and salinity on
the partitioning of energy resources during
development.
Mar. Ecol. Prog. Ser. 8: 75-85
- Kallog, R.L and J.J. Gift. 1983. Relationship between optimum
temperatures for growth and preferred temperatures
for the young of four species.
Trans. Am. Fish. Soc. 112: 424-430
- Kerkut, G.A and B.J. Taylor. 1958. The effect of temperature
changes on the activity of poikilotherms.
Behavior. 13: 259-279

- Klekowsky, R.Z and A.Duncan. 1975. Physiological approach to ecological energetics. In: Grodzinski, W, R.Z.Klekowsky and A.Duncan. (Eds). Methods for Ecological Bioenergetics. I.B.P.Blackwell, Sci. Pub. Oxford. 15-66
- Kinne, O. 1971. Marine Ecology. Vol I part 1. Wiley-Interscience. New York. 681 pp
- Kutty, M., G.Murugapoopathy and T.S.Krishnan. 1971. Influence of salinity and temperature on the oxygen consumption in young juveniles of the Indian prawn *Penaeus indicus*. *Mar. Biol* 11: 125-131
- Lakshmi, G.J, A.Venkataramiah and G.Gunter. 1976. Effects of salinity and photoperiod on the burying behavior of brown shrimp *Penaeus aztecus*. *Aquaculture*. 9: 327-336
- Levine, D.M. and S.D.Sulkin. 1979. Partitioning and utilization of energy during the larval development of the xanthid crab *Rhithropanopeus harrissi*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 40: 247-257
- Ling, S.W. 1969. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii*. *F. A. O. Fish. Rep.* 57 (3): 589-606
- Logan, D.T and C.E.Epifanio. 1978. A laboratory energy balance for the larvae and juvenile of the american lobster *Homarus americanus*. *Mar. Biol.* 47: 381-389
- Lockwood, A.P.M. 1967. Aspects of the physiology of Crustacea. Oliver-Boyd. London. 328 pp
- Mathur, D, R.M.Schutsky and E.Purdy. 1982. Temperature preference and avoidance responses of the crayfish *Orconectes obscurus* and associated statistical problems. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.* 39: 548-553
- Mc Cauley, R.W. 1977. Laboratory methods for determining temperature preference. *J. Fish. Res. Board. Can.* 34: 749-752

- Mc Cauley, R.W and J.M.Casselman. 1981. The final preferendum as an index for optimum growth in fish. *Proc. World. Simp. Aquaculture. Heated. Effluents. Recirculations.Syst.* Vol II: 81-93
- Mc Farland, W.N and P.E.Pickens. 1965. The effect of season, temperature and salinity on standard and active consumption of the grass shrimp *Palaemonetes vulgaris* *Can. J. Zool.* 43: 571-585
- Mc Namara, J.C., G.S.Moreira and P.S.Moreira. 1983. The effect of salinity on respiratory metabolism, survival and moulting in the first zoea of *Macrobrachium amazonicum*. *Hydrobiologia* 101: 239-242
- Mc Namara, J.C., G.S.Moreira., S.C.R.Souza. 1986. The effect os salinity on respiratory metabolism in selected ontogenetic stages of the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii* *Comp. Biochem. Physiol* 83A (2): 359-363
- Mc Namara, J.C. 1987. The time course of osmotic regulation in the freshwater shrimp *Macrobrachium olfersii*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 107: 245-251
- Mootz, C.A and C.E.Epifanio. 1974. An energy budget for *Mennippe mercenaria* larvae fed *Artemia* nauplii. *Biol. Bull.* 146: 44-55
- Moreira, G.S., J.C.Mc Namara and P.S.Moreira. 1980. Temperature and salinity effects on the respiratory metabolism of the first zoeal stage of *Macrobrachium holthuisi* *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 47: 141-148
- Moreira, G.S., J.C.Mc Namara., S.E.Shunway and P.S.Moreira. 1983. Osmoregulation and respiratory metabolism in brazilian *Macrobrachium*. *Comp. Biochem. Physiol.* 74A (1): 57-62
- Mosteller, F and J.W.Tuckey. 1977. Data analysis and regression. Addison-Wesley. Pub. Co. *Readings. Massachusetts.* 588 pp
- Nakamura, R. 1975. A preliminary report on the circadian rhythmicity in the spontaneous locomotor activity of *Macrobrachium rosenbergii* and its possible application to prawn culture. *Proc. Ann. Meet. World. Mar. Soc.* 6: 37-41

- Needham, A.E. 1957. Factors affecting nitrogen excretion in *Carcinus maenas*.
Physiol. Comp. Oecol. 4: 209-239
- Nelson, D.H. and D.K. Hooper. 1982. Thermal tolerance and preference of the freshwater shrimp *Palaeomonetes kadiakensis*.
J. Therm. Biol. 7: 183-187
- Nelson, S.G. and A.W. Knight. 1977. Ecological energetics and its application to the evaluation of diets for aquatic species, with special regard to the giant malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii*.
Proc. Ann. Meet. World. Mar. Soc. 8: 779-785
- Nelson, S.G., D.A. Armstrong, A.W. Knight and H.W. Li. 1977. The effects of temperature and salinity on the metabolic rate of juvenile *Macrobrachium rosenbergii*.
Comp. Biochem. Physiol. 86A: 533-537
- Nelson, S.G., A.W. Knight and H.W. Li. 1977. The metabolic cost of food utilization and ammonia production by the juvenile *Macrobrachium rosenbergii*.
Comp. Biochem. Physiol. 87A: 67-72
- Nelson, S.G., H.W. Li and A.W. Knight. 1977. Calorie, carbon and nitrogen metabolism of juvenile *Macrobrachium rosenbergii*.
Comp. Biochem. Physiol. 88A: 319-327
- Nelson, S.G., M.A. Simmons and A.W. Knight. 1979. Ammonia excretion by the benthic estuarine shrimp *Crangon franciscorum*.
Mar. Biol. 54: 24-31
- Nelson, S.G., M.A. Simmons and A.W. Knight. 1985. Calorigenic effect of diet on the grass shrimp *Crangon franciscorum*.
Comp. Biochem. Physiol. 82A (2): 373-376
- Newman, M.W., P.L. Lutz and S.C. Snedaker. 1982. Temperature effects on feed ingestion and assimilation efficiency of nutrients by the malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii*.
J. World. Mar. Soc. 13: 95-103
- Ortmann, A.E. 1902. The geographical distribution of freshwater decapods and its bearing upon ancient geography.
Proc. Am. Phil. Soc. 57 (3): 527-538

- Pannikar, N.K. 1969. Osmotic behavior of shrimps and prawns in relation to their biology and culture. *F.A.O. Fish. Rep.* 57 (3): 527-538
- Perdue, J.A and R.Nakamura. 1975. The effect of salinity on the growth of *Macrobrachium rosenbergii*. *Proc. Ann. Meet. World. Mar. Soc* 7: 647-654
- Potts, W.T.W. 1954. The energetics of osmotic regulation in brackish and freshwater animals. *J. Exp. Biol* 31: 618-630
- Prosser, C.L. and D.O. Nelson. 1981. The role of nervous systems in temperature adaptation in poikilotherms. *Ann. Rev. Physiol.* 43: 281-300
- Raman, K. 1967. Observations on the fishery and biology of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Proc. Symp. Crust. Biol. Ass. India.* 2: 649-669
- Read, G.H.L. 1984. Intraespecific variation in the osmoregulatory capacity of larval, postlarval, juvenile and adult *Macrobrachium petersii*. *Comp. Biochem Physiol* 78A: 501-506
- Read, G.H.L. 1986. A surface response analysis of the role of salinity in the development of larval and postlarval *Macrobrachium petersii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 84A (1): 159-168
- Regnault, M. 1981. Respiration and ammonia excretion of the shrimp *Crangon crangon*. Metabolic response to prolonged starvation. *J. Comp. Physiol.* 141: 549-555
- Reynolds, W.W. 1977. Temperature as a proximate factor in orientation behavior. *J. Fish. Res. Board. Can.* 34: 734-739
- Reynolds, W.W and M.E.Casterlin. 1979a. Behavioral thermoregulation and activity in *Homarus americanus*. *Comp. Biochem. Physiol.* 64A: 25-28
- Reynolds, W.W. and M.E.Casterlin. 1979b. Thermoregulatory behavior of the pink shrimp *Penaeus duorarum*. *Hydrobiologia.* 67 (2): 179-182

- Reynolds, W.W. and M.E.Casterlin. 1979c. Behavioral thermoregulation in the spiny lobster *Panulirus argus*. *Hydrobiologia*. 66 (2): 141-143
- Reynolds, W.W. and M.E.Casterlin. 1979d. Behavioral thermoregulation and the final preferendum paradigm. *Amer. Zool.* 19: 211-224
- Rodier, J. 1981. Analisis de las agua. *Omega. Barcelona*. 1059 pp
- Sanchez, Z.A. 1980. Efecto de la salinidad y la temperatura sobre el balance hidrosalino de los penaeidos de la Laguna de Mandinga Veracruz. Tesis de Licenciatura. *Facultad de Ciencias. UNAH. Mexico*.
- Sandifer, P.A., J.S.Hopkins and T.I.J.Smith. 1975. Observations on salinity tolerance and osmoregulation in laboratory-reared *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 6: 103-114
- Sasaki, G.C, J.M.Capuzzo and P.Biesiot. 1986. Nutritional and bioenergetic consideration in the development of the american lobster *Homarus americanus*. *Can. J. Fish. Aquatic. Sci.* 43: 2311-2319
- Scudder, K, M.E.Pasanello, J.Krasfur and K.Ross. 1981. Analysis of locomotory activity in the juvenile giant malaysian prawns *Macrobrachium rosenbergii*. *Crustaceana*. 40 (1): 31-35
- Sharma, M.L. 1966. Studies on the changes in the pattern of nitrogenous excretion of *Orconectes rusticus* under osmotic stress. *Comp. Biochem. Physiol.* 19: 681-690
- Sing, T. 1980. The isosmotic concept in relation to the aquaculture of the giant prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture* 20: 251-256
- Snow, N.B. and P.J.B.Williams. 1971. A simple method to determine the ratio O:N of small marine animals. *J. Exp. Biol. Assoc. U. K.* 51: 105-109
- Snedecor, G.W. y W.G.Cochran. 1984. *Métodos Estadísticos. CECSA. México*. 703 pp

- Spaargaren, D.H., P. Richard and H.J. Ceccaldi. 1982. Excretion of nitrogenous products by *Penaeus japonicus* in relation to environmental osmotic conditions. *Comp. Biochem. Physiol.* 72A (4): 673-678
- Stephenson, M.J and A.W. Knight. 1980. The effect of temperature and salinity on oxygen consumption of postlarvae of *Macrobrachium rosenbergii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 67A: 699-703
- Stephenson, M.J and A.W. Knight. 1980. Growth, respiration and caloric content of larvae of the prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 66A: 385-391
- Stephenson, M.J and A.W. Knight. 1982. Temperature and acclimation effects on salinity preference of postlarvae of giant malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 60: 253-260
- Stern, S., A. Borut and D. Cohen. 1984. The effect of salinity and ion composition on oxygen consumption and nitrogen excretion of *Macrobrachium rosenbergii*. *Comp. Biochem. Physiol.* 79A (2): 271-274
- Stern, S., A. Borut and D. Cohen. 1987. Osmotic and ionic regulation of the prawn *Macrobrachium rosenbergii* adapted to varying salinities and ion concentrations. *Comp. Biochem. Physiol.* 86A (2): 373-379
- Tuckey, J.W. 1977. Exploratory data analysis. *Addison-Wesley, Pub. Co. Massachusetts.* 688 pp
- Uno, Y, A.B. Bejle and Y. Igarashi. 1975. Effects of temperature on the activity of *Macrobrachium rosenbergii*. *La Mer* 13 (3): 150-154
- Velleman, P.F and D.C. Hoaglin. 1981. Application basics and computing of exploratory data analysis. *Duxbury, Press. Boston.*
- Vernberg, W.B and F.J. Vernberg. 1972. Environmental Physiology of Marine Animals. *Springer-Verlag, New York.* 346 pp
- Warburg, M.R and E. Shuchman. 1984. Thermal response of the hermit crab *Clibanarius erythropus*. *Crustaceana* 46 (1): 69-75

- Warren, C.E and G.E.Davis. 1967. Laboratory studies on the feeding, bioenergetics and growth of fish. In: Gerking, S.D (Ed). The Biological basis of fish production. Blackwell. Sci. Pub. Londres. 279-352
- Welch, H.E. 1968. Relationships between assimilation efficiencies and growth efficiencies for aquatic consumers. *Ecology* 49 (4): 755-759
- Welsh, B.L. 1975. The role of grass shrimp *Palaemonetes pugio*, in a tidal marsh ecosystem. *Ecology* 56: 513-530
- Wright, E.A and A.A.Wright. 1976. The respiratory quotient of *Gammarus pulex*. *Comp. Biochem. Physiol* 53A: 45-46
- Zar, J.H. 1974. Biostatistical analysis. Prentice-Hall. London. 620 pp